

TEKNILLINEN KORKEAKOULU

Prosessi- ja materiaalitekniikan osasto

Puunjalostustekniikan laitos

Janne Ilonen

TEOLLISUUSPESULAN JÄTEVESI JA SEN PUHDISTAMISEEN SOVELTUVIEN MENETELMIEN TEKNIS-TALOUEDELLINEN TARKASTELU

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkistettavaksi diplomi-
insinöörin tutkintoa varten Espoossa 27.3.1996.

Työn valvoja apul. prof. Raimo Määttä

Työn ohjaaja DI Kirsti Salomaa

TEKNILLINEN KORKEAKOULU
Puunjalostustekniikan laitos
Kirjasto

Tekijä, työn nimi

Janne Ilonen

Teollisuuspesulan jätevesi ja sen puhdistamiseen soveltuvien menetelmien teknis-taloudellinen tarkastelu

Päivämäärä: 27.3.1996**Sivumäärä:** 75**Osasto, laitos, professuuri**

Prosessi- ja materiaalitekniikan osasto,
puunjalostustekniikanlaitos, ympäristönsuojelutekniikka

Työn valvoja

apul. prof. Raimo Määttä

Työn ohjaaja

DI Kirsti Salomaa

Työn tavoitteena oli perehtyä kirjallisuuden avulla erilaisiin teollisuuspesuloissa käytössä oleviin jätevedenpuhdistusmenetelmiin. Menetelmien vertailussa huomio kiinnitettiin puhdistuksen tehokkuuteen ja kustannuksiin sekä mahdollisuuteen kierrättää puhdistettua jätevettä takaisin prosessiin. Työn kokeellisessa osassa tutkittiin eri pesulajitelmilta tulevien jätevesien koostumusta ja käytössä olevien puhdistusmenetelmien tehokkuutta.

Teollisuuspesulan jätevesi koostuu useista, eri lajitelmien pesuista tulevista jätevesistä. Jätevesien koostumuksissa on huomattavia eroja sen mukaan minkä lajitelman jätevedet ovat kyseessä. Myös eri lajitelmien jätevesissä oli vaihtelua. Koostumukseltaan tasaisimpia jätevesiä olivat jatkuvatoimisilta putkipesukoneilta tulevat jätevedet.

Tutkitussa pesulassa suurimmat jätevesien kuormitukset tulivat teollisuuspyyhkeiden pesuista. Mitatut pitoisuudet olivat yli 10 kertaa suuremmat kuin seuraavaksi likaisimpien, (raskas- ja kevyttyövaate), lajitelmien jätevesistä mitatut pitoisuudet. Selvästi pienimmät pitoisuudet tulivat hotellitekstiilien ja rullapyyhkeiden pesuista.

Teollisuuspyyhkeiden jätevesien suuret pitoisuudet johtuvat pyyhkeiden likaisuudesta. Kun pyyhkeissä on paljon likaa, niin liian irrottamiseksi on käytettävä suuria pesuaineannostuksia. Tämän takia teollisuuspyyhkeiden jätevesissä on myös paljon fosfori ja typpiyhdisteitä. Suuri osa ko. ravinteista on peräisin käytetyistä pesuaineista. Myös tekstiilien mukana tuleva lika sisältää ko. ravinteita.

Teollisuuspyyhkeiden pesuista tulevat jätevedet ohjataan nykyisellään flotaatio öljynerotukseen. Menetelmä poistaa jätevedestä kiintoaineen, mineraaliöljyt sekä öljyt ja rasvat yli 98 %:sesti. Heikointa erottuminen oli raskasmetalleilla Cd ja Ni osalta. Niitä flotaatio-menetelmällä ei saada poistetuksi jätevedestä ollenkaan.

Vertailtavana jätevedenpuhdistusmenetelmänä tutkittiin ultrasuodatuslaitteistoa (UF) ja sen kykyä puhdistaa teollisuuspesulan jätevettä. UF-laitteistolla päästään pienempiin raskasmetallipitoisuuksiin kuin flotaatiolla. Bioreaktorilla suoritettiin laboratorio-mittakaavan kokeita. Niiden tulokset ovat lupaavia etenkin mineraaliöljyjen sekä öljyjen ja rasvojen poiston osalta. Haihdusmenetelmä vaikuttaa kirjallisuuden perusteella parhaimmalta menetelmältä veden kierrätystä ajatellen. Kustannuksiltaan edullisin menetelmä 10 v pitoajalla on UF-laitteisto. Haihdutus ja bioreaktori ovat hiukan kalliimpia. Laskelmat perustuvat hinta-arvioihin, jotka voivat muuttua käyttötilanteen mukaan. Laskelmissa ei huomioitu mahdollisuutta kierrättää vettä takaisin pesuprosessiin.

Veden kierrätysaste on nykyisellään tutkitussa pesulassa ~ 17 %. Yksikköpesukoneiden huuhteluvettä kierrätetään takaisin pesuvedeksi. Teollisuuspyyhkeet pestään kokonaan kierrätysvedellä. Mikäli veden kierrätystä halutaan lisätä, niin tällöin täytyy myös huuhteluissa käyttää kierrätysvettä. Viimeisessä huuhtelussa käytettävän veden tulee kuitenkin olla puhdasta, jotta pestyt tekstiilit saadaan huuhdeltua puhtaiksi. Tämä asettaa kierrätettävän veden puhdistukselle korkeat laatuvaatimukset.

Author and name of the thesis: Jänne Ilonen

Technical and economical study of the suitable wastewater treatment methods for industrial laundry wastewater

Date : 27.3.1996**Number of pages :** 75**Faculty :**

Process engineering and materials science

Professorship :

Environmental protection technology

Supervisor : Assoc. Prof. Raimo Määttä**Instructor :** M.Sc. Kirsti Salomaa

The aim of this study was to search at the literature methods to clean up the institutional laundry waste water. Different methods were compared to between them and the main notice were aimed to efficiency, costs and possibility to reuse water back to the process. At the experimental part of the study was solved waste water composition of different kind of laundry.

Industrial laundry effluent is often formed by many different kinds of laundry wastewaters. The different kinds of textiles have they typical effluent. But still there can be much variations at wastewater quality. The most regular composition of effluent was at the continuous washers wastewater.

Most concentrated effluent comes from industrial and printing wipers washing machines. Measured concentrations were more than 10 times higher than next more soiled textiles, overalls workwear and uniforms. The most clean effluent were from the washing of hotel textiles and roll towels.

Wipers included very much soils. Therefore they need big dosage of washing powders to clean them up. The washing powders included some amounts of phosphorous and nitrogen compounds. That's the main reason why effluent have high concentration on this nutrients. The other reason is that the impurity also includes nutrients.

Effluent from the pre and main wash of industrial towels is going through dissolved air flotation (DAF). DAF removes over 98 % of effluents, suspended solids and mineral oils both oil and grease. DAF don't remove some heavy metals, Cd and Ni, at all.

DAF was compared to ultrafiltration (UF) system. The UF-system is running in the workwear laundry in Switzerland. The UF-system removes heavy metals better from effluent than DAF. Laboratory scale bioreaktor is tested to treat heavy soiled laundry wastewater. It have good removal of mineral oils both oil and grease. Evaporation system seems by literature, to be a best system for water reuse. In the cost calculation cheapest method were UF at 10 years holding time. Evaporation and bioreaktor were little expensive. Calculations based on estimated costs so they cause uncertainty at the calculations. Cost calculations don't notice possibilities to reuse water.

Water reuse degree is now ~ 17 % at investigated laundry. Unit washing machines rinse waters are recirculated back to pre and main wash. Industrial towels use only circulated water. If the laundry wants higher water reuse degree, water must be recirculated also to rinses. Especially at the final rinse water must be clean, to rinse textiles clean. This sets high quality requires for the wastewater treatment methods.

Alkusanat

Haluan kiittää työn alullepanijoita Kirsti Salomaata ja Pekka Niemeä hyvistä neuvoista ja ystävällisyydestä, mitä sain osakseni työni kestäessä.

Kiitän myös työni valvojaa apulaisprofessori Raimo Määttäa työni opastuksesta.

Lisäksi kiitän avovaimoani Eijaa ja vanhempiani sekä isoäitejäni henkisestä tuesta ja kannustuksesta mikä on ollut tarpeen tämän työn loppuun saattamisessa.



Helsingissä 27.3.1996 Janne Ilonen

Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ

ALKUSANAT

1 JOHDANTO	4
2 PESUPROSESSIEN KUVAUS	5
2.1 Pesutapahtuma	5
2.1.1 Pesun parametreista	7
2.1.2 Pesuohjelman vaiheet	8
2.2 Pesulankoneet	9
2.2.1 Yksikköpesukoneet	9
2.2.2 Putkipesukoneet	9
2.2.3 Kuivauslaitteet	12
2.2.4 Viimeistelylaitteet	12
2.3 Pesumenetelmät	13
2.3.1 Tekstiilimateriaalit	13
2.3.2 Lian määrä ja laatu	13
2.4 Pesuaineet	14
2.5 Pestävät materiaalit	16
2.5.1 Yleistä	16
2.5.2 Teollisuuspyyhkeet	16
2.5.3 Työvaatteet	16
3 PESULOIDEN VEDENKÄYTÖN HALLINTA	16
3.1 Pesuveden laatu	16
3.1.1 Kemiallinen laatu	17
3.1.2 Fysikaalinen laatu	18
3.1.3 Mikrobiologinen laatu	19
3.2 Prosessikaaviot	19
3.3 Aine- ja energiataseet	20
3.3.1 Ainetaseista	20
3.3.2 Energiataseista	20
4 PESULAJÄTEVESIEN LUONNEHDINTA	21
4.1 Yleistä	21
4.2 Jätevesissä olevat haitta-aineet	22
5 PESULOIDEN MUUT YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	24
5.1 Ilmansuojelu	24
5.2 Jätehuolto	25
6 ERI JÄTEVEDEN PUHDISTUSMENETELMIEN VERTAILU	25
6.1 Yleistä	25
6.2 Käytössä olevat puhdistusmenetelmät	26

6.2.1 Nukanerotus	26
6.2.2 Hiekanerotus	26
6.2.3 Öljynerotus	26
6.3 Mekaaniset menetelmät	27
6.3.1 Yleistä	27
6.3.2 Flotaatio	27
6.3.3 Kalvoerotustekniikat	29
6.4 Biologiset menetelmät.....	34
6.4.1 Yleistä	34
6.4.2 Aktiiviliete	34
6.4.2 Biologinen suodatin.....	35
6.5 Kemiaalliset menetelmät.....	37
6.5.1 Saostaminen.....	37
6.5.2 Haihdutusmenetelmät	38
7 JÄTEVETTÄ KOSKEVAT MÄÄRÄYKSET	40
7.1 Lait ja asetukset	40
7.2 Puhdistamojen maksuperusteet	41
8 KIRJALLISUUSOSAN YHTEENVETO	41
KOKEELLINEN OSA	43
9 KOKEIDEN SUORITUS.....	43
9.1 Yleistä	43
9.2 Suoritettut mittaukset	44
10 KOETULOKSET	45
10.1 Eri lajitelmien jätevedet	45
10.1.1 Yleistä	45
10.1.2 Hotellitekstiilit	47
10.1.3 Rullapyyhkeet	49
10.1.4 Kevyt työvaate	51
10.1.5 Raskas työvaate	53
10.1.6 Teollisuuspyyhkeet.....	55
10.1.7 Koko pesula	57
10.2 Puhdistusmenetelmien vertailu	61
10.2.1 Flotaatio	61
10.2.2 Ultrasuodatus.....	62
10.2.3 Elektroflotaatio	63
10.2.4 Bioreaktori.....	63
10.2.5 Haihdutus	64
11 TULOSTEN TARKASTELU.....	65
11.1 Pesulan jätevedet.....	65
11.2 Jäteveden puhdistusmenetelmät.....	68
11.2.1 Flotaatio	68
11.2.2 Ultrasuodatus.....	69

11.2.3 Bioreaktori.....	69
11.2.4 Haihdutus	70
12 KUSTANNUSVERTAILU.....	71
13 KOKEELLISEN OSAN YHTEENVETO.....	73
14 EHDOTUKSEN JATKOTOIMENPITEIKSI.....	74
LÄHDELUETTELO	76

1 Johdanto

Teollisuuspesuloissa pestään pesulan koosta riippuen yhtä tai useampaa eri tekstiililajitelmaa. Pesut suoritetaan joko yksikköpesukoneilla tai jatkuvatoimisilla putkipesukoneilla. Yksikkökoneiden vedenkäyttö on n. 15 - 25 l vettä / kg tekstiiliä ja jatkuvatoimisilla putkipesukoneilla n. 8 - 15 l vettä / kg tekstiiliä. Pestävät tekstiilimäärät ovat pesulasta riippuen 44 - 444 t/kk jolloin veden kulutus vaihtelee välillä 866 - 5 525 m³/kk /1/.

Pesulajäteveden koostumukseen vaikuttavat pestävät tekstiililajitelmat, käytetyt pesukemikaalit ja pestävien tekstiilien mukana tuleva lika. Etenkin likaisimmilla laitelmilla, teollisuuspyyhkeet, tekstiilien mukana tuleva lian määrä on varsin huomattava. Teollisuuspyyhkeet painavat likaisina n 50 % enemmän kuin pestyinä ja kuivattuina.

Teollisuuspesulan vesikierron sulkemisessa ja jätevesijakeiden puhdistamisessa on hyvä tietää, miten eri osa-alueet vaikuttavat vesikiertoon sekä suoranaisesti pesulan jätevesipäästöihin.

Tässä diplomityössä luodaan kirjallisuuden avulla katsaus pesun tapahtumiin, pesulassa käytettyihin koneisiin ja pestäviin tekstiilimateriaaleihin. Lisäksi luonnehditaan pesuloiden vedenkäytön hallintaa sekä raaka- että jätevedenlaatua. Lopuksi kartoitetaan teollisuuspesuloissa käytössä olevia jäteveden puhdistusmenetelmiä.

Kokeellisessa osassa selvitetään eri tyyppisten tekstiilien pesuista syntyviä jätevesikuormituksia. Lisäksi vertaillaan eri jäteveden puhdistusmenetelmien tehokkuutta puhdistettaessa erittäinlikaisia pesulajätevesiä. Puhdistusmenetelmiä vertailtaessa kiinnitetään huomio puhdistuksen tehokkuuteen ja taloudellisuuteen. Tehokkuuden osalta päähuomio on raskasmetalleissa, mineraali öljyissä sekä öljyissä ja rasvoissa. Myös mahdollisuutta kierrättää puhdistettua jätevettä takaisin pesuprosessiin selvitetään kirjallisuuden perusteella.

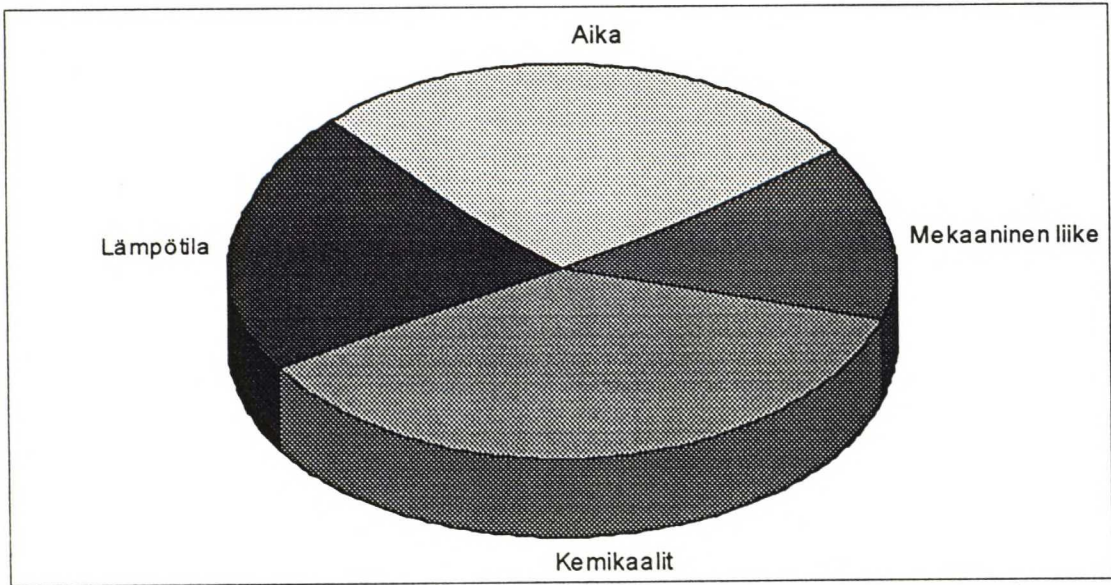
2 Pesuprosessien kuvaus

2.1 Pesutapahtuma

Pesutapahtuma voidaan jakaa kahdeksaan eri vaiheeseen /2/ :

1. **Kostutus** - Pesuvesi imeytyy yksittäisiin tekstiilikuituihin penetraation vaikutuksesta. Kostumista voidaan tehostaa lisäämällä veteen pinta-aktiivisia aineita ja nostamalla lämpötilaa.
2. **Neutralisointi** - Useimmat lika-aineet ovat luonnostaan happamia. Alkalin lisäyksen tarkoituksena on happamuuden poisto.
3. **Liuottaminen** - Liukenevat lika-aineet saadaan poistettua tekstiilistä liuottamalla veteen. Useimpien tahrojen liukenevuus paranee nostamalla lämpötilaa ja pH:ta.
4. **Saippuoituminen** - Orgaaniset rasvat ja öljyt reagoivat pesussa alkaalien kanssa. Tämän seurauksena muodostuu saippuota, mitkä liukenevat paremmin veteen kuin rasvat ja öljyt. Saippuoitumisessa muodostuva saippua myös auttaa poistamaan tekstiilistä muita siinä olevia tahroja.
5. **Emulgointi** - Mineraaliöljyjä ja -rasvoja ei voida saippuoida. Nämä tahrat pitää poistaa alkalisuuden ja pinta-aktiivisten aineiden avulla. Tällöin mineraaliöljytahrat hajoavat pieniksi partikkeleiksi jotka dispersoituvat veteen.
6. **Deflokkulaatio** - Kiinteät lika-aineet kuten noki, tuhka, multa ja savi aiheuttavat vaikeasti poistettavia tahroja. Tahrojen kiinteät osat pitää hajoittaa pieniksi partikkeleiksi (deflokkuloida tai peptisoida), dispersoida ja poistaa. Pinta-aktiiviset aineet lyhentävät deflokkulaatiossa tarvittavan ajan pituutta.
7. **Lika-aineiden uudelleenkiinnittyminen eli harmaantuminen** - Kun lika-aineet on poistettu tekstiilistä ja dispersoitu, niin niiden täytyy pysyä dispersoituneina kunnes ne huuhdellaan pois. Alkali ja pinta-aktiiviset aineet pitävät lian dispersoituneena veteen. Huono erottaminen tai erottamisvoima mahdollistaa lian uudelleenkiinnittymisen tekstiiliin, mikä aiheuttaa harmaantumista tai tahroja.
8. **Laimennus** - Kiintoaineen poistaminen pesukoneesta huuhtelemalla suoritetaan loppuun pienentämällä pesuvedessä olevan kiintoaineen konsentrationa. Kun jokaisen pesuvaiheen vesi poistetaan pesukoneesta, niin seuraavassa pesuvaiheessa on vähemmän lika-aineita ja lopulta niiden määrä lähenee nollaa.

Kaikkien edellisten osioiden tehokkuus perustuu neljään tekijään : mekaaninen liike, kemikaalit, lämpötila ja aika. Kuvassa 1 on havainnollistettu näiden tekijöiden riippuvuutta toisistaan. Kuva 1 on ns. Sinnerin ympyrä /3/.



Kuva 1. Eri osatekijöiden vaikutus pesuun eli ns. Sinnerin ympyrä /5/.

Pääsääntöisesti tekstiilejä ei voi puhdistaa ilman mekaanista liikettä. Huomio kiinnitetään yleensä pesun lämpötilaan, detergenttien koostumukseen, alkalin valintaan ja näiden konsentraatioon. Lika ei kuitenkaan irtoa tekstiileistä ilman mekaanista liikettä, mikä aikaansaa daan sekoittamalla pyykkiä pesukoneessa /2/.

Toinen tekijä on kemikaalien koostumus ja konsentraatio. Näiden valinnasta riippuu kuinka hyvin penetraatio onnistuu öljy-vesi seoksen rajapinnassa. Yhdessä mekaanisen liikkeen kanssa saadaan lika irtoamaan tekstiilistä /2/.

Kolmas tekijä on pesulämpötila. Yleisesti ottaen lämpötilan nostaminen parantaa puhdistuskykyä. Korotettu lämpötila edistää pesu- ja lika-aineiden liikkuvuutta pienentämällä pintajännitystä ja alentamalla pesunesteen viskositeettia, jolloin pesuvaikutus tehostuu. Lämpötilan nosto myös lisää kemikaalien aktiivisuutta, jolloin ne reagoivat nopeammin ja tehokkaammin /2/.

Neljäntenä tekijänä on aika, jolla säädetään jokaisen pesuvaiheen pituus. Pitempi pesuaika pienentää pesukoneen tuotantokapasiteettia (kg pyykkiä/tunti) /2/.

Sinnerin ympyrä voidaan esittää myös seuraavan kaavan muodossa /4/ :

$$R \approx (m + k + t) * T \quad (1)$$

missä, R = pesutulos

m = käytetty mekaaninen teho

k = käytetty kemiallinen teho (pesukemikaalit)

t = käytetty lämpöteho

T = aika

Kaikki nämä neljä tekijää vaikuttavat yhdessä pesun onnistumiseen. Jos jotain tekijää suurennetaan, niin yhtä tai useampaa tekijää voidaan pienentää, kunhan yhteisvaikutus säilyy ennallaan, kuten kuvasta 1 sekä kaavasta 1 voidaan todeta /2,4,5/.

Sinnerin ympyrän ja siihen liittyvän teorian mukaan kemikaaliannostuksen ylenmääräinen lisääminen, suuren likamäärän poistamiseksi, pitäisi pienentää pesun aikaa, lämpötilaa ja tarvittavaa mekaanista liikettä. Kuitenkin tilanne on päinvastainen. Mitä enemmän kemikaaleja käytetään sitä enemmän tarvitaan huuhteluvettä, jotta tekstiilit saadaan huuhdeltua riittävän puhtaiksi kemikaalijäämistä ja lika-aineista. Samalla tarvittavan pesuaika pitenee ja mekaanisen liikkeen määrä suurenee /5/.

Kun Sinnerin ympyrään lisätään, tai sen kemikaaliosasta erotetaan huuhtelu, niin ympyrän avulla saadaan tarkemmin erotettua pesun eri vaiheet toisistaan. Tämä helpottaa pesutapahtuman hahmottamista ja tarkentaa eri muuttujia /5/.

2.1.1 Pesun parametreista

Pesukoneen oikea täyttömäärä on sekä hyvän pesutuloksen, että pesun taloudellisuuden saavuttamisen edellytys. Pesukoneen sisärummussa tulee olla riittävästi tilaa jokaista kuivaa pyykkikiloa kohden. Tällöin pestävät tekstiilit pääsevät liikkumaan tehokkaasti pesu- ja huuhteluliuosten kanssa /6/.

Pesukoneen täyttömäärää kuvaa **täyttösuhde**. Täyttösuhde ilmoittaa yhtä kuivaa ja puhdasta tekstiilikiloa kohti olevan pesurummun tilavuuden litroissa. Esimerkiksi keskilikaisten lajitelmien pesussa suositeltava täyttösuhde on 1:13. Pestäessä suuria ja paksuhkoja vaatteita kuten haalareita on suositeltava täyttösuhde 1:16. Tällä ehkäistään likaraitojen syntymistä. Polyesteri/puuvilla-asujen rypistymisen ehkäisemiseksi nämä pestään täyttösuhteella 1:19. Sama täyttösuhde sopii myös villalle ja muulle hienopesulle /6/.

Toinen pesu- ja huuhtelutulokseen vaikuttava tekijä on pesukoneessa käytetty **liuossuhde**. Liuossuhdeella tarkoitetaan sitä vesimäärää litroina, mikä pesukoneessa on yhtä kuivaa ja puhdasta pyykkikiloa kohden. Tavallisesti liuossuhde pesusussa eli pesutaso on 1:4 - 1:5, jolloin pesuliuosta on 4 - 5 litraa pyykkikiloa kohden. Joissakin koneissa on myös nk. keskitaso, jossa liuossuhde on n. 1:6. Tämä sopii erinomaisesti tunneliviimeisteltävien sekoitetekstiilien pesutaksiksi /6/.

Korkeaa tasoa käytetään huuhteluissa (laimennus) sekä villa- ja muillakin hienopesulajitelmillä myös pesutasona. Villaa pestäessä suuri vesimäärä tekee mekaanisen liikkeen hellävaraisemmaksi. Pestäessä tekokuituvaatteita se vähentää niiden rypistymistä. Liuossuhde määrää pesukoneen liuostason /6/.

Liustaso eli vesitaso riippuu pesukoneen pesurummun halkaisijasta. Liustaso on pesurummun olevan pesunesteen pinnankorkeus senttimetreinä sisärummun pohjasta laskettuna. Koneet, joilla on suuri pesurummun halkaisija, toimivat pienemmällä liustasolla kuin pienet koneet /6/.

2.1.2 Pesuohjelman vaiheet

Esihuuhtelu on tarpeellinen vain silloin, kun irtolikaa (hiekkatms) tai valkuaislikaa (veri) on runsaasti. Vaihe suoritetaan kylmällä vedellä ja korkealla vesitasolla ilman kemikaalilisäystä. Esihuuhtelun tarvitsema aika on n. 2 - 3 minuuttia. Pestäessä kosteutta ja bakteereja pidättäviä mikrokuituisia leikkaustekstiilejä voidaan esihuuhtelua käyttää entsyymilisäyksellisen esipesun vaihtoehtona. Yleensä esihuuhtelua ei käytetä /6/.

Esipesua eli ensimmäistä pesua käytetään lajitelmille, jotka sisältävät paljon valkuais- ja/tai rasvalikaa. Tavallisesti esipesun liuossuhde on n. 1:5. Erittäin laikaisia tekstiilejä pestäessä on vältettävä pesukoneen ylitäyttöä. Täytösuhde 1:15 - 1:16 edistää lian poistumista. Esipesun pituus vaihtelee 8 - 15 minuutin välillä. Lämpötila on n. 35 °C ensimmäisten 5 - 10 minuutin ajan valkuaislian poistamiseksi (esim. leikkaustekstiilit, keittiö- ja vaippapyykki yms.). Tämän jälkeen voidaan pesuliuksen lämpötila nostaa 60 - 80 °C:een. Pestäessä verstashaalareita tai muita paljon rasvaa sisältäviä lajitelmiä esipesu tapahtuu korkeassa lämpötilassa (80 - 85 °C) /6/.

Varsinaisen pesun eli toisen pesun olosuhteet vaihtelevat huomattavasti pestävien lajitelmien mukaan. Yksipesumenetelmää käytetään hienopesuun ja lievästi-/keskilikaiseen kirjopesuun sekä lievästi-/keskilikaiseen valkopesuun. Hienopesussa pesun lämpötila on n. 30 - 40 °C ja pesuaika n. 8 - 10 minuuttia. Kirjopesussa on alussa 3 - 5 minuuttia 35 °C lämpötilassa ja tämän jälkeen 10 -12 minuuttia 60 - 70 °C lämpötilassa. 70 °C pesulämpötila 10 minuutin ajan vastaa sairaalapesun hygieniavaatimuksia. Valkopesun olosuhteet ovat muuten samat kuin kirjopesulla, paitsi että pesun loppulämpötila on n. 10 °C korkeampi kuin kirjopesussa /6/.

Kaksipesumenetelmän pääpesu (60 -70 °C kirjolajitelmille ja 70 - 85 °C valkopesulajitelmille) vaatii vähintään 10 minuutin pesuajan sen jälkeen, kun mainittu lämpötila on saavutettu. Pesuaineannostukset mitoitetaan lian määrän mukaan ja tulos tarkistetaan visuaalisesti ja koe-kankaiden avulla. Mikäli pesuainetta annostellaan liikaa niin pesurumpu täyttyy vaahdolla, mikä heikentää pesukoneen mekaanista tehoa ja on epätaloudellista /6/.

Asteittainen jäähdytys (cool down) on erityisen tärkeää tunneliviimeisteltäville tai muulla höyrykäsittelyllä sileiksi tehtäville tekstiileille. Asteittaisessa jäähdytyksessä pesuliusta jäähdytetään 3 - 5 °C minuutissa ennen pesukoneen pyhjentämistä. Jäähdytyksen loppulämpötila on n. 50 °C ja se suoritetaan lisäämällä pesuliukseen kylmää vettä /6/.

Linkoavissa yksikkökoneissa on kolme **huutelu** riittävä määrä poistamaan pesukemikaalien tähteet. Tällöin huuhtelujen välissä ja normaalilajitelmilla myös pesuvaiheen jälkeen on väli-linkous. Huuhteluissa käytetään korkeaa liuossuhdetta, n. 1:8, ja aika on tavallisesti 2 minuuttia huuhtelua kohden. Viimeisen huuhtelun pituutta voidaan pidentää 0,5 - 1 minuuttia, mikäli siihen lisätään viimeistely- ja neutralointiaineita /6/.

2.2 Pesulankoneet

Teollisuuspesuloihin tarkoitetut pesukoneet on suunniteltu siten, että koneiden käyttökustannukset ovat mahdollisimman pienet. Kuitenkin yksikkökoneita on lukumääräisesti enemmän kuin tehokkaampia jatkuvatoimisia putkipesukoneita. Teollisuuspesuloissa pesuvesi lämmitetään korkeapainehöyryllä. Lämmitys voi tapahtua johtamalla höyry suoraan pesunesteeseen tai epäsuorasti lämmönvaihtimien välityksellä /5/.

2.2.1 Yksikköpesukoneet

Monissa tapauksissa yksikköpesukoneiden käyttö on välttämätöntä. Etenkin silloin kun pestävänä on paljon hyvin erityyppistä pyykkiä. Perinteiset yksikkökoneet vaativat henkilökunnan valvontaa, mikä nostaa koneen käyttökustannuksia /5/. Nykyään yksikkökoneet voidaan ohjelmoida ja muutenkin automatisoida varsin pitkälle, esim. automaattinen koneen täyttö ja tyhjennys. Tällöin henkilökunnan työpanos on suhteellisen pieni.

Rumpupesukoneessa koko pesutapahtuma tapahtuu yhdessä rummussa. Kone muistuttaa ulkonäöltään kuin suurennettua kotitalous pesukonetta. Yleensä rumpupesukoneet ovat linkoavia /7/. Linkoavan yksikköpesukoneen etuina verrattuna linkoamattomaan koneeseen voidaan pitää /2/:

- Erillistä linkoa ei tarvita. Tämä säästää sekä lattiatilaa että yhden työvaiheen.
- Pestyjen tekstiilien paino on huomattavasti alentunut.
- Pesuvaiheiden välissä tapahtuva linkous lyhentää pesuaikaa sekä pienentää energian- ja vedenkulutusta.

Pesun energiankulutus pienenee kun linkoaminen suoritetaan kylmän tai lämpimän esipesun ja kuumen pesun välissä. Tällöin tarvittava pesulämpötila on nopeammin saavutettavissa. Huuhteluvaiheiden välissä tapahtuvalla linkoamisella voidaan vähentää huutelukertojen lukumäärää, ja siten vedenkulutusta /2/.

2.2.2 Putkipesukoneet

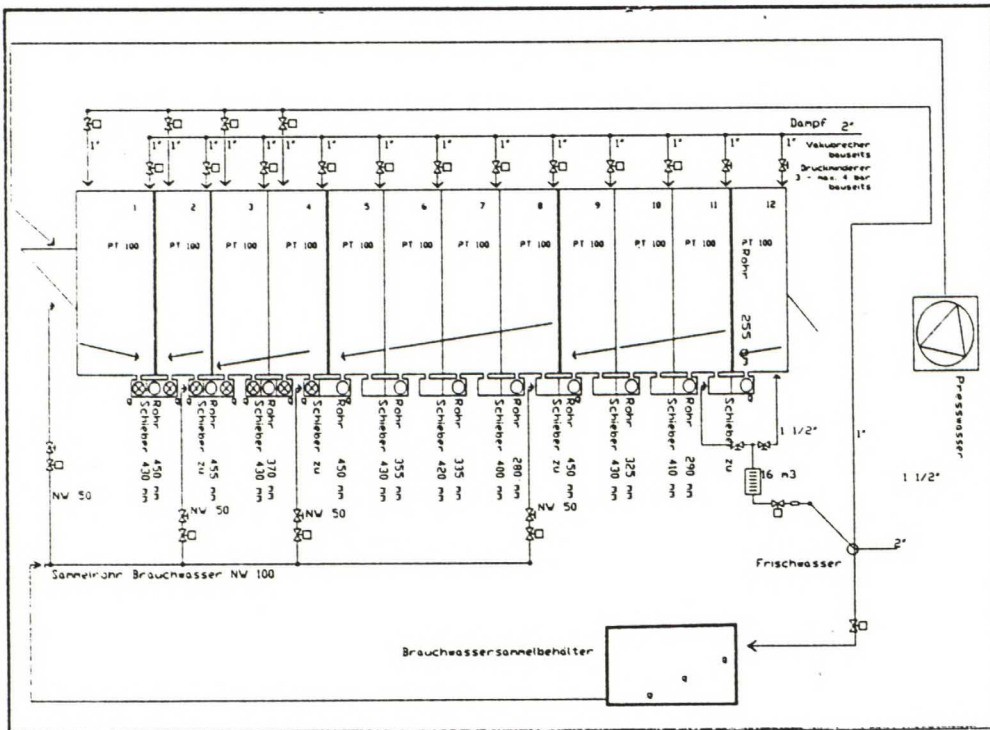
Jatkuvatoimiset putkipesukoneet on varustettu likaisen pyykin jatkuvatoimisella syöttölaitteella ja pestyn pyykin poistolaitteella. Pesuputki on jaettu useaan osaan, missä pesun eri vaiheet tapahtuvat. Koneen tyypistä riippuen käytetään erilaisia menetelmiä pyykin siirtämiseen eri

pesuvaiheesta toiseen. Yleensä pesuliuos ja pyykki kulkevat pesuputkessa erisuuntiin, jolloin puhdas vesi syötetään viimeiseen huuhteluun ja likainen vesi poistuu pesuputken alusta eli esipesuvaiheesta. Vesikierto voidaan järjestää myös muullatavoin syöttämällä vettä useampaan kohtaan pesuputkea ja keräämällä se talteen putken eri kohdista /2/.

Jatkuvatoimiset tunnelipesukoneet voidaan jakaa kolmeen ryhmään rakenteensa puolesta /6/:

1. yksirumpuiset
2. kaksoisrumpuiset
3. edellämainittujen yhdistelmät

Tunnelikoneiden pituus voi vaihdella kolmen yksikön kylvynvaihtokoneesta putkiin, joissa erillisiä osastoja on yli 20. Kuvassa 2 on esitetty periaatekaavio putkipesukoneesta /7/.



Kuva 2. Kaavio jatkuvatoimisesta 12-lokeroisesta putkipesukoneesta. Esipesuosasto lokeroissa 1-4, pesuosasto lokeroissa 5-8, huuhteluosasto lokeroissa 9-11 ja seisovakylpy lokerossa 12 /8/.

Puhdas vesi syötetään lokeroihin 11 ja 12. Muissa lokeroissa pyritään käyttämään kiertovettä. Pesukemikaalit syötetään lokeroihin 1-8 /8/.

Tunnelikoneissa on periaatteessa erotettavissa putken pituudesta ja käyttötarkoituksesta riippuen kolme tai neljä osastoa, joiden olosuhteet poikkeavat toisistaan. Nämä osastot voivat puolestaan jakautua useampiin lokeroihin /6/.

Esipesuosastossa tapahtuu samat pesutapahtumat kuin yksikkökoneen esipesussa. Esipesun lämpötila on säädettävissä. Esipesussa käytetään yleisesti hyväksi huuhteluosastolta ja puristimelta talteenotettua vettä /6/.

Pesuosastolla tapahtuu pyykin varsinainen pesu. Pesulämpötila vaihtelee tekstiilimateriaalista riippuen 35 °C:sta yli 90 °C:een. Useissa tapauksissa myös pyykin valkaisu tapahtuu myös tässä osastossa. Tällöin on kyseessä ns. lämpöä vaativa valkaisu /6/.

Huuhteluosastolla pyykki kohtaa vastavirtaan tulevan kylmän huuhteluveden. Tämän veden tarkoituksena on laimentaa pyykin mukana kulkeutuvaa, pesuaineista aiheutuvaa, alkaalisuutta ja jäähdyttää pyykkiä. Huuhtelun tehokkuus riippuu mm. : tunnelin mekaanisesta työstä, veden virtausmäärästä ja huuhteluveden läpäisystä. Mikäli käytetään kloorivalkaisua, niin se tapahtuu yleensä huuhteluosastolla /6/.

Pitkissä pesuputkissa saattaa olla ns. "seisova kylpy". Tässä vaiheessa pesuliuokseen voidaan lisätä erilaisia lisäaineita, esim. tärkkiä ja pH:n säätäjiä. Tämän kylvyn vesi ei vaihdu kuten muualla huuhtelussa, tai sen vaihtelu on hitaampaa, jolloin lisätyt kemikaalit eivät kulkeudu putkessa eteenpäin /6/.

Tunnelipesukoneen veden kulutusta on voitu pienentää huomattavasti veden tehokkaalla kierrätyksellä. Osa huuhteluvedestä kierrätetään välisäiliön kautta takaisin prosessiin. Sama tapahtuu puristimelta tulevalle vedelle. Nämä vedet on mahdollista käyttää esipesussa pyykin sisäänhuuhteluun eli kostutukseen. Veden tehokas kierrätys säästää myös pesukemikaaleja ja energiaa /6/.

Pesu- sekä viimeistelytuloksen kannalta eräillä tekstiililajitelmilla on tärkeää, että pesun lämpötilakäyrä eli lämmön muutosnopeus on oikea. Erityisesti pyykin jäähdytyksessä on oltava riittävän hidas lämpötilan aleneminen (cooldown). Oikean lämpötilakäyrän aikaansaaminen pesuputkissa saattaa olla vaikeaa. Varsinkin lyhyissä putkissa voivat lämpötilan muutokset muodostua liian nopeiksi, mikä saattaa vaikeuttaa tekstiilien viimeistelyä. Yksikkökoneilla hallittu lämpötilan nosto ja lasku on normaalisti yksinkertaista /6/.

Käytäntö on osoittanut, että tunnelikoneissa lämpömittarien antamat lukemat saattavat poiketa huomattavasti todellisesta pesuliuoksessa vallitsevasta lämpötilasta. Virheeseen on yleensä syynä lämpötilamittarien väärä sijoittaminen. Tällöin on vaarana esim. väärä cooldown nopeus tai desinfektiotaso /6/.

Pesukemikaalien syöttö tunnelipesukoneeseen tapahtuu normaalisti ns. kaksoisrumpu-osan kautta. Tällöin pesukemikaalit syötetään rumpujen väliseen vesitilaan. Pesukemikaalien syöttö tunnelikoneeseen vaatii useiden muuttujien huomioimista. Veden virtaus koneeseen on tunnettava, jotta osataan ennakoida miten pesuaine kulkeutuu putkessa. On tiedettävä putken lämpötilakäyrä, jotta eri kemikaalit saadaan annosteltua kunkin optimilämpötilaan. Koneen

huuhtelumuinaisuuksilla on oma merkityksensä oikean annosteluyksikön valintaan ja jopa kemikaalien valinta vaikuttaa yksikön valintaan /6/.

Tunnelipesukoneet soveltuvat parhaiten olosuhteisiin, joissa pestään paljon samanlaisia tai samoja olosuhteita vaativia lajitelmiä. Tällöin voidaan pyykistä muodostaa pitkiä pesusarjoja /6/.

Tunnelikoneiden pesuolosuhteiden muuttaminen eli oikeiden lämpötilojen ja pesuaineväkevyyksien saavuttaminen tapahtuu yksikkökoneetta hitaammin. Valinnan yksikkökoneen ja tunnelikoneen välillä ratkaisee lähinnä kapasiteetti ja pestävät lajitelmat /6/.

2.2.3 Kuivauslaitteet

Kuivauslaitteiden tehtävänä on poistaa pestyistä tekstiileistä mahdollisimman paljon niihin jääneestä kosteudesta. Kuivauslaitteet voidaan jakaa vedenpoistolaitteisiin ja rumpukuivureihin. Vedenpoistolaitteet voivat olla joko perinteisiä linkoja tai hydraulisia puristimia /6/.

Pyörivät eli sentrifugaaliset lingot toimivat kuten linkoavat pesukoneet, mutta suuremmalla kuormituksella. Linkomisnopeus ja -aika riippuvat tekstiilien lämpötilasta ja kuitumateriaalista. Viileäksi jäähtynyt pyykki tarvitsee pidemmän ajan linkoamiseen kuin lämpimämpi pyykki. Polyesteriset ja muotoillut tekstiilit tulee lingota hiljaisella nopeudella, jotta ne eivät ryp-pyynny. Pyörivät lingot kuluttavat paljon sähköä kun ne kiihdyttävät painavat tekstiilit suureen pyörimisnopeuteen. Erityisesti linkouksen alussa sähkönkulutus on suuri /6/.

Hydraulisisissa puristimissa pesuvesi puristetaan tekstiileistä pois männän tai välilevyn avulla. Kun puristus on suoritettu ovat kuivautuneet tekstiilit yhtenä tiiviinä "kakkuna" /9/. Ligoista ja puristimista tuleva vesi ohjataan takaisin pesulan vesikiertoon.

Rumpukuivureissa kuivataan tekstiilejä johtamalla niiden sekaan lämmintä ilmaa. Pesulan kuivausosastolla käytetään suurin osa pesulan kuluttamasta energiasta. Energiankulutus on suurta käytön aikana ja myös seisokkiena. Suuri seisokkikulutus johtuu sekä patterin luovuttamasta säteilylämmöstä että ilman kierrosta, jota tapahtuu kuivurin seisoessa (savupiippuvaikutus). Käytiajan suuri energiankulutus johtuu tarvittavan kuuman kuivausilman suuresta määrästä /9/.

Kuivurien energian ominaiskulutus (kg höyryä/kg haihdutettua vettä) on lähes vakio. Mikäli energiankulutuksen vertailu kuivurien välillä suoritetaan suhteella kg höyryä/kg vaatetta niin vertailua eri kuivureiden välillä hankalaa. Tämä johtuu eri vaatelajien erilaisista kuivatusajoista /9/.

2.2.4 Viimeistelylaitteet

Viimeistelylaitteena on tekstiilimateriaalista ja sen käyttökohteesta riippuen joko mankeli, prässä tai höyrytunneli. Prässit ovat vähentyneet höyrytunneleiden kustannuksella /9/.

Mankelien ensisijaisena tehtävänä on antaa tekstiileille tyydyttävä viimeistys ja kuivattaa ne. Tekstiileissä pitäisi mankeliintullessaan olla sopiva, n. 40 - 50 %, jäännöskosteus /9/.

Höyrytunneleissa henkareihin ripustetut vaatteet liikkuvat kuljetinta pitkin tunnelin läpi. Tunnelissa tekstiileihin suihkutetaan höyryä ja kuumaa ilmaa. Ensin tekstiileihin suikutetaan höyryä, joka imeytyy kankaisiin ja poistaa niissä olevat rypyt. Tämän jälkeen vaatteet liikkuvat tunnelissa kuuman ilman vyöhykkeeseen missä tapahtuu vaatteiden kuivaus /2/.

2.3 Pesumenetelmät

Pesumenetelmän valintaan vaikuttavat seuraavat tekijät /6/:

- pestävä tekstiilimateriaali: kuitu, värjäys, viimeistykset
- tekstiilituote: lakana, työvaate, rullapyyhe ym.
- lian määrä ja laatu
- pesukonetyyppi: jatkuvatoiminen- / yksikkökone
- viimeistelymenetelmä: höyrytunneli, prässä, mankeli

2.3.1 Tekstiilimateriaalit

Tekstiilikuidun ominaisuuksista lämpöherkkyys, lämmössä muovautuvuus ja mekaanisen muokkauksen kestävyys on otettava huomioon valittaessa pesumenetelmää. Valkuaisainekuidut (villa ja silkki) ja monet tekokuidut sietävät ainoastaan alhaisia lämpötiloja. Villa ja silkki eivät kestä voimakasta mekaanista muokkausta. Kuitusekoitetekstiileissä yleensä arin kuitu määrää huoltotavan /6/.

Polyesteri/puuvilla on lämmössä muovautuva kuitu. Tätä ominaisuutta käytetään hyväksi polyesteri/puuvillasta valmistettujen työasujen viimeistelyssä. Onnistuneen tunneli- tai höyrynukkeviimeistelyn edellytyksenä on kuitenkin pesumenetelmä, johon kuuluu pesuliuoksen aseteittainen jäähdytys ennen kylmiä huuhteluja /6/.

2.3.2 Lian määrä ja laatu

Normaalia sekalikaa sisältävät lievästi- tai keskilikaiset tekstiilit pestään yksipesumenetelmällä. Tällöin pesulämpötila valitaan tekstiilikuidun ja värjäyksen mukaan. Pesuaineannostus suoritetaan likaisuuden perusteella /6/.

Kun likaa, varsinkin valkuaisainepitoista, on tekstiileissä runsaasti, niin paras ja taloudellisin pesutapa on kaksipesumenetelmä. Tällöin ensimmäisessä pesussa poistetaan suurin osa liasta oikeissa lämpötila- ja pH-olosuhteissa. Toinen pesu viimeistelee pesutuloksen mm. tuomalla tekstiileihin niistä poistuneen kirkasteen korvauksen ja poistamalla lopun lian ja tahran. Tahranpoisto voi tapahtua myös omana vaiheena erillisellä valkaisuaineella /6/.

Kaksipesumenetelmää vaativia lajitelmiä ovat mm. /6/:

- teollisuuspyyhkeet l. vipperit
- verstaiden yms. raskas työvaate
- keittiötekstiilit
- elintarviketeollisuuden työasut
- elintarvikemyymälöiden kala- ja lihaosastojen työasut
- kroonikko- ja lastenvaipat
- sairaaloiden poikkilakanat ja leikkaustekstiilit
- ravintoloiden lautas- ja pöytäliinat

Likalaaduista valkuis- ja rasvalika runsaina esiintyessään vaativat omat pesumenetelmänsä ja erikoispesunتهostimet.

Valkuaislika tulee poistaa heti pesun alussa matalassa lämpötilassa (alle 38 °C). Pesuliuoksen tulee olla emäksinen ja sen tehoa voidaan parantaa entsyymivalmisteella. Koska suurin osa pestävistä vaatteista sisältää joko ruoka-aineista, ihmiskehon eritteistä, verestä jne. peräisin olevia valkuaissaineita, niin myös yksipesumenetelmän aloituslämpötilana on n 35 °C. Aloituslämpötila pidetään matalana muutaman minuutin ajan, minkä jälkeen se nostetaan kirjo- tai valkopesulämpötilaan /6/.

Rasvan ja öljyn poistaminen tapahtuu vesipesussa emulgointiaineiden avulla. Nämä ovat syntetisiä tensidejä, jotka lisätään heti ensimmäiseen pesuun. Lämpöenergiaa ei kannata säästää pestäessä rasvaisia tekstiilejä, mikäli tekstiilimateriaali ja viimeistely sen sallivat. Paras tulos saavutetaan käyttämällä korkeaa lämpötilaa (75 °C) molemmissa pesuissa pestäessä esim. verstashaalareita /6/.

2.4 Pesuaineet

Tekstiilihuollossa käytettävät pesu- ja apuaineet ovat olomuodoltaan jauheita tai nesteitä. Molemmat voivat sisältää erilaisia määriä täyteaineita tai olla tiivisteitä. Uusimmat nestemäiset pesuaineet sisältävät vähemmän kuin 0,5 % vettä /6/.

Pesuaineiden vaikuttavia aineita ovat **tensidit**. Ne jaetaan kolmeen ryhmään: anioniaktiiviset, ionittomat ja kationiaktiiviset. Tensidit ovat ns. pesuaktiiviaineita, jotka alentavat veden pintajännitystä sekä hajottavat hiukkaslikaa, rasvoja ja öljyjä. Ne myös poistavat staattista sähköisyyttä ja pehmentävät tekstiilejä /6/. Tensideissä on tavallisesti kaksi pääosaa: hydrofiilinen (vesihakuinen) ja hydrofobinen (vesipakoinen). Hydrofiilisinä osina ovat jokin suola, happo, sulfaatti, sulfonaatti, amidi, esteri, eetteri-esterei ja eetteri. Hydrofobinen osa on hilivetyketju, jonka ominaisuuksia voidaan vahvistaa esim. sivuketjuja lisäämällä. Vastaavasti voidaan hydrofobisia ominaisuuksia vähentää lisäämällä hilivetyketjuun hydroksyyli-ryhmiä tai tyydyttämättömiä sidoksia sekä kehittämällä liukoisuutta lisääviä nitroryhmiä /10,11/.

Pesun pH:n säätö tapahtuu emäksisillä suoloilla tai emäksillä. Näiden tehtävänä on hajoittaa kiinteätä likaa, pilkkoa valkuaisaineita, liuottaa tärkkelystä ja nostaa pesuliuksen pH-arvo välille 9 - 12,5. Tavallisimpia pesualkaleita ovat : natriumtrifosfaatti, natriumkarbonaatti, natriummetasilikaatti, natriumhydroksidi ja kaliumhydroksidi /6/.

Pesussa käytettyjä **valkaisuaineita** ovat : natriumperkarbonaatti, vetyperoksidi, peretikkahappo/vetyperoksidi ja natriumhypokloriitti. Näiden tehtävänä on hapettaa värilliset tahrat näkyvämmiksi. Kahta ensimmäistä ainetta käytetään pesujauheissa, jolloin niitä voidaan käyttää myös aktivoituina. Kolmea viimeistä ainetta käytetään erillisvalkaisuaineina /6,10/.

Pesuaineet sisältävät kahdenlaisia **entsyymejä** : proteaaseja ja lipaaseja. Proteaasit ovat valkuaisaineita hajottavia ja lipaasit rasvoja hajottavia entsyymejä. Vesipesussa tarpeellisia ovat varsinkin valkuaisaineita pilkkovat entsyymit.

Suojakolloidit estävät irrotetun lian takaisinlaskeutumisen tekstiiliin eli harmaantumista. Puuvillan suojakollidina käytetään karboksimetyyliseluloosaa (CMC). Polyesteri vaatii oman, siihen tehoavan kemikaalin.

Kirkastusaineet ovat eri tekstiilikuituihin kiinnittyviä fluorisoivia yhdisteitä, jotka muuttavat UV-säteilyä näkyväksi valoksi. Ne saavat valkoisen näyttämään valkoisemmalta ja värillisten tekstiilien värit näyttämään kirkkaammilta. Kirkasteet korvaavat tekstiilissä pesussa siitä poistuneen kirkasteen ja niiden on myös kestävä kloorivalkaus /6,10/.

Stabilointiaineita käytetään eri raskasmetalleille ja eri valkaisumenetelmiin. Ne kykenevät sitomaan raskasmetalli-ioneja ja näin välillisesti säätelemään valkaisuaineen hajoamisreaktiota. Tämä pienentää tekstiilien kemiallista vaurioitumista. Käytettyjä stabilointiaineita ovat : magnesiumtrisilikaatti, natriumglukonaatti, fosfonaatti, NTA ja EDTA /6/.

Pesuaineissa saatetaan käyttää myös **hajusteita**, jotka peittävät liasta ja raaka-aineista peräisin olevan pahan hajun. Hajusteiden käyttö pesuloiden pesuaineissa on kuitenkin rajoitettua. Usemmitten hajuste on pesuaineen aineosista se, joka voi olla syynä herkkäihoisten ihoärsytyksiin. Hajusteiden tulee olla IFRA:n (International Fragrance Research Association) hyväksymiä ja dokumentoituja /6,10/.

Otsonin käyttöä teollisuuspesuloissa on tutkittu viimeaikoina. Otsonin lisääminen pesuun pienentää veden- ja pesuaineidenkulutusta sekä mahdollistaa pesemisen matalammassa lämpötilassa /5,12/.

Otsonin käytön hyvinä puolina pidetään myös pesuajan lyhentymistä ja tekstiilien hellävaraisempaa pesemistä vähäisemmän mekaanisen liikkeen vuoksi. Myös pesusta tulevien jätevesien luvataan olevan puhtaampia kuin pestäessä ilman otsonia. Puhtaammat jätevedet edesauttavat pesulan vesikierron sulkemista ja helpottavat jäteveden puhdistusta /5,12/.

2.5 Pestävät materiaalit

2.5.1 Yleistä

Teollisuuspesuloiden päätoimialana on työvaatteiden ja muiden tekstiilien vuokraus. Tällöin tekstiilimateriaalit pyritään valitsemaan niin, että ne ovat mahdollisimman pitkälle samoja. Samojen tekstiilien peseminen on keskitetty tiettyihin pesuloihin. Näin voidaan pestävistä tekstiileistä muodostaa pitkiä pesusarjoja /6,7/.

2.5.2 Teollisuuspyyhkeet

Teollisuuspyyhkeiden mukana tulee paljon lika-aineita. Yksi pyyhe painaa puhtaana n. 45 g, kun se likaisena saattaa painaa jopa 65 g /13/. Pesussa on yhtä pyyhettä kohden poistettavana n. 20 g likaa ja kosteutta, mikä joutuu jäteveteen. Pyyhkeissä on myös runsaasti helposti haihtuvia liuottimia, jotka aiheuttavat palovaaran ja epämiellyttävän hajun työskentely tiloihin.

Teollisuuspyyhkeet jaotellaan kahteen eri pesukoneeseen sen mukaan, onko niitä käytetty kirjapainoissa vai korjaamoissa ja verstaissa. Pyyhkeissä olevat tyypilliset lika-aineet eroavat toisistaan ja vaativat erilaiset pesuohjelmat /13/.

2.5.3 Työvaatteet

Työvaatteista ns. kevyet työvaatteet eli valkoiset työtakit ja essut sekä värilliset takit ja raidalliset työasut on valmistettu joko 100 % puuvillasta tai puuvilla/polyesteri seoksesta. Puuvilla/polyesterin seossuhde on joko 50/50 % tai 35/65 % /7/.

Raskaat työvaatteet eli haalarit tai kaksiosaiset haalarit on valmistettu joko 100 % puuvillasta tai puuvilla/polyesteri seoksesta (seossuhteet 35/65 % tai 60/40 %). Sähkömiehen asu on valmistettu 60/40 % puuvilla/polyamidi seoksesta. Happohaalarit on valmistettu 100 % polyesterista /7/.

3 Pesuloiden vedenkäytön hallinta

3.1 Pesuveden laatu

Pesuvedeltä vaadittavat ominaisuudet riippuvat veden käyttökohteesta. Veden laatu jaetaan kolmeen osa-alueeseen /6/:

- kemiallinen laatu
- fysikaalinen laatu
- mikrobiologinen laatu

3.1.1 Kemiallinen laatu

Pesulan käyttöveden pH:n tulee olla lähellä neutraalia, pH 6 - 8, tai hieman emäksinen. pH:n laskiessa alle 7 lisääntyy vedessä olevan vapaan hiilihapon (H_2CO_3) määrä, mikä aiheuttaa metallien korroosiota. Liian hapan pesuvesi lisää emäksisten pesuaineiden kulutusta. Mikäli pH on liian korkea ei huuhtelussa saada aikaan toivottua tulosta /6/.

Verkostoveden pH-tasoa säädetään joko kalkilla ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), natriumkarbonaatilla (Na_2CO_3) tai natriumhydroksidilla (NaOH). Kemikaalin valinta riippuu veden kovuudesta. Tulevan käyttöveden pH on yleensä sallituissa rajoissa, mutta käytettäessä esim. talteenotettua vettä voidaan pH:ta joutua säätämään /6/.

Koska vesi on hyvä liuotin niin se sisältää käytännössä aina jonkin verran maaperästä tai putkistosta siihen liuenneita suoloja. Näistä suoloista muodostuu veden kovuus. Kovuus on pesuvedessä haitallista, koska se sitoo pesuaineista saippuota ja syteettisiä tensidejä. Tämä suurentaa annosteltavan pesuaineen määrää ja lisää kustannuksia /6/.

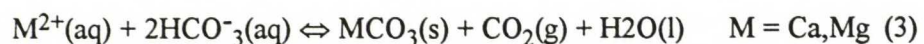
Kova pesuvesi aiheuttaa pyykin harmaantumista, mikä tapahtuu silloin kun liuoksen liankantokyky on riittämätön. Tällöin pesuliuokseen on syntynyt ns happosaippuaa. Happosaippua reagoi huuhteluveden sisältämän kovuuden kanssa aiheuttaen tekstiileihin vaikeasti poistettavia saostumia. Veden kovuussuoloilla on myös taipumus kerrostua erilaisille pinnoille. Tästä aiheutuu laitteiden toimintahäiriöitä, etenkin venttiileissä ja suuttimissa, sekä kattilakiveä, mikä aiheuttaa energiahäviöitä lämmönsiirrossa /6/.

Yleisimpiä veden kovuutta aiheuttavia suoloja ovat : kalsiumkarbonaatti (CaCO_3), kalsiumsulfaatti (CaSO_4), kalsiumbikarbonaatti ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$), natriumbikarbonaatti (NaHCO_3), natriumkarbonaatti (Na_2CO_3) ja natriumsulfaatti (Na_2SO_4) /6/.

Veden kovuus voidaan jakaa kahteen lajiin : ohimenevä kovuus ja pysyvä kovuus. Ohimenevä kovuus aiheutuu kalsium- ja magnesiumvetykarbonaateista. Hiilidioksidin liuetessa veteen muodustuu pääasiassa vetykarbonaatti-ioneja. Reaktio on esitetty kaavassa 2 /14/.



Ohimenevä kovuus voidaan poistaa vettä keittämällä, jolloin saostuu niukkaliukoisia karbonaatteja. Reaktio on esitetty kaavassa 3 /14/.



Pysyvä kovuus aiheutuu pääasiallisesti vedessä olevista kalsium-, magnesium- ja rautasulfaateista tai -klorideista. Sitä ei voida poistaa kuumentamalla /14/.

Teollisuuspesuloissa veden kovuus poistetaan ioninvaihtomenetelmällä. Ioninvaihtomassat ovat joko epäorgaanisia tai synteettisiä kationinvaihtimia. Kalsiumin poistoreaktio on esitetty kaavassa 4 /10/.



R = synteettinen kationinvaihtoharts

Ioninvaihdin regeneroidaan suolan (NaCl) avulla. Regenerointi reaktio on esitetty kaavassa 5.



Regenerointi vaatii ainakin 20 minuutin kontaktiajan. Käytetyn suolaliuoksen väkevyys vaihtelee 5 - 15 painoprosentin välillä /10/.

Veden kovuuden mittauksen tulisi tapahtua säännöllisesti, osana rutiinitehtäviä. Säännöllisellä kovuuden mittaamisella voidaan havaita vedenpehmentäjän toiminnassa esiintyvät häiriöt. Mikäli pusutuloksessa tapahtuu muutoksia on veden kovuus syytä tarkistaa /6/.

Veden yleisimpien kovuustekijöiden kalsiumin ja magnesiumin lisäksi vesi saattaa sisältää myös muita metalleja. Näistä voidaan mainita esim. raskasmetallit : rauta, mangaani, kupari ja kromi. Kaikille näille metalleille on ominaista se, että ne jo hyvin pienissä pitoisuuksissa häiritsevät pesutapahtumaa /6/:

- alentamalla pesuaineen tehoaineiden toimintakykyä sitomalla niitä itseensä,
- värjäämällä tekstiilejä (Cu- ja Fe-tahrat),
- tai aiheuttavat esim. katalysoimalla valkuaisaineiden toimintaa kirkasteiden hajoamis- ta (värisävy muutokset),
- sekä suoranaisia mekaanisia ja kemiallisia tekstiilivaurioita.

Suurimmat sallitut määrät yleisimmille metalleille : Fe 0,2 mg/l, Mn 0,05 mg/l ja Cu 0,05 mg/l /6/.

Pesuaineissa olevien kompleksinmuodostajien ja ioninvaihtajien eränä tehtävänä on sitoa vedessä olevat raskasmetallit itseensä. Tällöin ne eivät ole haitallisia itse pesutapahtumassa /5/.

3.1.2 Fysikaalinen laatu

Fysikaalista veden laatua tarkasteltaessa on kiinnitettävä huomiota seuraaviin asioihin /6/:

- Väriarvo, joka on veden värillisyyden mitta. Veden on oltava väritöntä ja kirkasta. Vesi on puhdistettava, mikäli väriarvo on yli 40 mg/l Pt.
- Sameus, jonka perusteella voidaan karkeasti päätellä veden puhdistuksen tarve.
- Laskeuma ja muu saostuma l. pohjasakka viittaa kuten sameuskin veden saastuneisuuteen. Tämä voi olla esim. laitteistosta irronneita partikkeleita.

- Liete, joka esiintyy vedessä sekä orgaanisina hajoamistuotteina että epäorgaanisina hiukkasina.
- Humus l. kasvien hajoamistuote. Yli 40 mg/l on liian suuri arvo.
- Kloridit, jotka esiintyvät vedessä pääasiassa NaCl:na. Nämä aiheuttavat putkistojen ja laitteistojen syöpmistä.

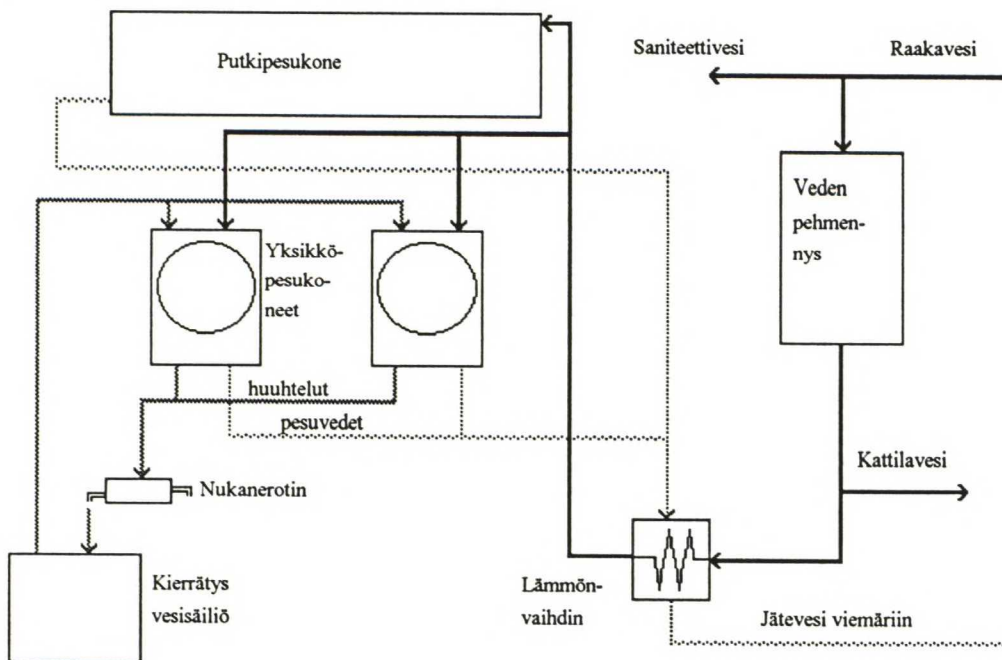
Vedessä saattaa esiintyä myös muita fysikaalisia epäpuhtauksia.

3.1.3 Mikrobiologinen laatu

Käytettävä pesuvesi ei saa sisältää bakteereja tai muita pieneliöitä, joilla voisi olla haitallinen vaikutus pesutulokseen tai tekstiilin loppukäyttäjään. Tekstiilin käyttökohde määrää lopullisen laatuvaatimuksen /6/.

3.2 Prosessikaaviot

Kuvassa 3 on esitetty yleinen virtauskaavio teollisuuspesulan vedenkäytöstä. Liitteessä 1 on esitetty erään pesulan virtauskaavio.



Kuva 3. Teollisuuspesulan vedenkäytön virtauskaavio.

Kunnallisesta vesijohdosta tulevasta vedestä erotetaan ensin pesulassa tarvittava saniteettivesi. Tämän jälkeen vesi johdetaan vedenpehmentimeen. Pehmennyksen jälkeen vedestä erotetaan höyryn tuotantoon tarvittava vesimäärä.

Pehmeävesi johdetaan lämmönvaihdinten kautta huuhtelusäiliöön. Puhdasta vettä pyritään käyttämään ainoastaan huuhteluihin, jolloin muissa pesuvaiheissa käytetään huuhteluista kierrätettyä vettä. Tämä pienentää pesulan kokonais vedenkulutusta.

Huuhtelun jälkeen vesi ohjataan nukanerottimen kautta tasausasäiliöön ja sieltä edelleen pesu-vesisäiliöön. Käytetty pesuvesi ohjataan nukanerottimen kautta tasausaltaaseen. Sieltä jätevesi ohjataan lämmönvaihdinten kautta joko jätevedenkäsittelyyn tai kunnalliseen viemäriin.

Pesukoneissa pyritään ensisijaisesti käyttämään pesuvetenä huuhtelusta tulevaa vettä. Mikäli tämä ei jostain syystä ole mahdollista, voidaan pesuun käyttää myös puhdasta vettä. Mikäli pesukone pesee vain likaisia lajitelmiä (esim. teollisuuspyyhkeitä, mattoja) voidaan koko pesu suorittaa käytetyllä vedellä.

3.3 Aine- ja energiataseet

3.3.1 Ainetaseista

Tyypillisä vedenkulutusarvoja edustavat /9/ :

- pesukoneilla 8 - 35 l vettä/kg vaatetta
- linkoavilla pesukoneilla 15 - 25 l vettä/kg vaatetta
- pesuputkilla 8 - 15 l vettä/kg vaatetta

Vuonna 1994 oli kaikkien pesuloiden vedenkulutuksen keskiarvo 16,5 l vettä/kg vaatetta. Suurimman vedenkulutus oli pesulassa 11, missä vedenkulutus oli 26,3 l/kg. Pienen vedenkulutus oli pesulassa 10, missä vedenkulutus oli 11,0 l/kg /1/.

Yhdysvalloissa on tehty vuosina -84 ja -91 tutkimukset teollisuuspesuloiden tyypillisistä ominaiskulutuksista. Vuonna -84 oli vedenkulutus 24,3 l/kg ja vuonna -91 vedenkulutus oli pienentynyt arvoon 19,4 l/kg /15/.

Edellisiin veden ominaiskulutusarvoihin nähden vertailtavien pesuloiden vedenkulutus on suhteellisen pientä. Ainoastaan pesulat 11, 7 ja 3 ylittävät vedenkulutuksessa Amerikkalaisten pesuloiden vuoden -91 vedenkulutuksen keskiarvon.

3.3.2 Energiataseista

Pesuloiden energiakustannukset vaihtelevat 4 - 7 %:n välillä pesulan kokonaiskustannuksista /16/. Pesulat käyttävät sähköä ja tuottavat tarvitsemansa höyryn ja kuuman veden itse. Höyryn ja kuumaveden tuottamiseen käytetään tilanteesta riipuen öljyä, maakaasua tms. Eräät pesulat ostavat tarvitsemansa höyryn ulkopuoliselta toimittajalta. Lisäksi jotkut pesulat kuuluvat kaukolämpöverkkoon.

Pesulan energiankulutuksen tyypillinen jakauma on /9/:

- Pesu 25 %
- Kuivatus 70 % - josta kuivurit 40 - 45 %
- Huoneiden lämmitys 5 %

Sähköenergian osuus pesulan kokonaisenergian tarpeesta vaihtelee pesulasta riippuen n. 8 - 20 % välillä /16/. Sähköä tarvitaan pesuloissa koneiden käyttöön, valaistukseen ja tuuletukseen.

Pesuloiden höyrynkulutus vaihtelee välillä 3 - 5 kg höyryä/kg vaatetta. Kulutus jakaantuu seuraavasti /9/:

- pesukone 0,5 - 1,5 kg höyryä/kg vaatetta
- kuivuri 0,5 - 2,0 kg höyryä/kg vaatetta
- mankeli 0,7 - 1,5 kg höyryä/kg vaatetta
- viimeistelytunneli 1 - 5 kg höyryä/kg vaatetta

Höyrynkulutuservojen perusteella voidaan laskea tarvitta energiamäärä, mikä tarvitaan yhden vaatekilon pesemiseen. Eri pesumenetelmillä ja erilaisilla pestävillä tekstiileillä on kullakin omat, tyypilliset tunnuslukunsa.

Kuivureissa voidaan suorittaa lämpimän poistoilman kierrätystä. Tällöin kuivurin energiankulutusta saadaan pinennettyä. Lämmintä poistoilmaa voidaan myös käyttää pesulassa veden lämmitykseen. Suurin energiansäästä saadaan kun lämmintä poistoilmaa kierrätetään kuivurissa ja poistettava ilma johdetaan lämmönvaidinten kautta ulos. Lämmönvaihtimilla lämmitetään sekä kuivuriin tulevaa ilmaa että pesulan käyttövetä /17/.

4 Pesulajätevesien luonnehdinta

4.1 Yleistä

Pesuloiden jätevesisistä otetut näytteet ovat olleet kokooma näytteitä. Näytteenoton ajankohta ja paikka ovat vaikuttaneet mittaustuloksiin. Ohjeen mukaan osanäytteitä otetaan yhden työpäivän ajan noin tunnin välein. Silti on mahdollista, että osanäytteet kertyvät suurimmaksi osaksi juuri likaisten lajitelmien pesuvesistä tai vastaavasti pelkistä huuhteluvesistä. Kun tarkastellaan jätevesimittauksia pidemmällä aikavälillä, saadaan selville kuinka suuria vaihteluita mittaustuloksissa on /18/.

Yksi pesuloiden välisiin jätevedenlaadun vaihteluun vaikuttavista tekijöistä on näytteenotto-paikka (esim. pesukoneen poistosta, tasausaltaasta, viemärikaivosta). Yleensä on periaatteena, että näyte otetaan viimeisestä vedestä, joka johdetaan kunnalliseen viemäriin /18/.

Pesulan jäteveden kuormituksesta n. 33 % on peräisin pesuaineista ja n. 67 % likapyykistä. Pesuprosessin parametrien optimointi on samalla myös jäteveden laadun optimointia. Tähän päästään seuraavilla toimenpiteillä /18/:

- käytetään tarkoituksenmukaisia pesuaineita; fosfaatittomia tai vähän fosfaatteja sisältäviä, konsentroituja ja mahdollisimman hyvin biologisesti hajoavia pesuaineita
- käytetään annostelulaitteita, jotka annostelevat pesuainetta vain tarpeen mukaan pesuliuoksen sähköjohtokyvyn perusteella (mahdollista pestäessä pesuputkella)
- käytetään alhaisia pesulämpötiloja (60 - 70 °C), mikäli mahdollista
- käytetään vettä säästäviä ohjelmia, jolloin pesuainetta tarvitaan vähemmän
- säädetään neutralointia pH-mittauksen perusteella, jolloin säästetään neutralointiainetta ja vähennetään suolakuormitusta

Eri pesuloiden käyttämät vesimäärät vaihtelevat välillä n. 40 - 260 m³/d /1/.

4.2 Jätevesissä olevat haitta-aineet

Taulokossa 1 on esitetty eri pesuloiden jätevesistä mitattujen haitta-ainepitoisuuksien keskiarvot. Tulokset perustuvat kolmen eri mittauksen keskiarvoihin. Vaikka esitetyt tulokset perustuvat ainoastaan kolmeen mittaukseen, niin niitä voidaan silti pitää suuntaa antavina tuloksina. Kloridipitoisuudet perustuvat vain yhden näytteenottokerran tuloksiin.

Taulukko 1. Pesuloiden jätevesistä mitattujen haitta-ainepitoisuuksien keskiarvot /18/.

	pH	BOD ₇	kok. P	kok. N	Cl ⁻	ölj.+rasv.	miner.ölj.	kiintoaine
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Pesula 1	10,8	470	27	24	26	253	31	90
Pesula 2 ja 3	9,7	1010	44	23	69	83	84	177
Pesula 4	9,5	160	10	19	35	51	69	62
Pesula 5	9,9	353	15	16	82	63	73	330
Pesula 6	10,9	627	6,8	22	25	257	100	114
Pesula 7	9,7	230	10	26	28			42
Pesula 8	9,2	495	8,8	23		179	39	262
Pesula 9	10,6	530	25	20	91	143	135	267
Pesula 10	10,8	203	11	18	130	48	4,7	26
Pesula 11	10,7	883	73	29	160	372	113	217
Pienin arvo	8,1	110	3,3	1	25	33	1,5	22
Pienin keskiarvo	9,2	160	6,8	16	25	48	4,7	26
Kaikkien k.a.	10,2	486	22,0	21	72	150	67	176
Suurin keskiarvo	10,9	1010	73	29	160	372	135	350
Suurin arvo	11,0	1200	93	40	160	563	240	450

Taulukossa 1 olevat pienimmät ja suurimmat mittausarvot ovat kolmen mittauksen laitimmaisista mittaustulokset. Pesuloilla 2 ja 3 on yhteinen viemäriliittymä kunnalliseen jätevesiviemäriin, joten niiden jätevesien haitta-ainepitoisuudet on esitetty yhdessä.

Pesuloiden jätevedet ovat luonteeltaan emäksisiä. Eri pesuloiden jätevesien pH-arvot vaihtelevat n. 8 - 11 välillä. Yleiseen viemäriverkkoon johdettavan jäteveden pH:n pitäisi olla välillä 6 - 11. Lähtevän jäteveden pH:ta on tarkkailtava säännöllisesti ja sitä on tarvittaessa neutraloitava /18/.

Biologinen hapenkulutuksen (BOD₇) suurimmat arvot ovat pesuloissa 2 ja 3 (1010 mg/l), pesula 11 (883 mg/l), pesula 6 (627 mg/l) ja pesula 9 (530 mg/l). Myös pesula 8 (495 mg/l), Pesula 1 (470 mg/l) ja pesula 5 (353 mg/l) ovat BOD₇:n arvot nostavat jäteveden hintaa.

Jätevesien hapenkulutusta, sekä kemiallista että biologista, nostaa suurimmaksi osaksi vaatteiden mukana tuleva lika. Siihen vaikuttaa myös pesu- ja neutralointiaineiden jäämät /18/.

Pesulat voivat vaikuttaa asiaan käyttämällä fosfaatittomia tai ainakin vähän fosfaatteja sisältäviä pesuaineita. Pesuaineista yleensä vain pääpesuaineet sisältävät fosfaatteja /18/.

Kokonaisfosforin määrä on suurimmillaan pesulassa 11 (73 mg/l). Tämä on yli kolme kertaa suurempi pitoisuus kuin kaikissa pesuloissa keskimäärin (22 mg/l).

Typen määrä jätevedessä ei ole ongelma pesuloille. Mitatut pitoisuudet vaihtelevat pesulan 5 (16 mg/l) ja pesulan 11 (29 mg/l) välillä. Kaikkien pesuloiden jätevesien typpipitoisuuden keskiarvo on 21 mg/l.

Kloridit ovat korkealla pesula 11 (160 mg/l), Pesula 10 (130 mg/l), pesula 9 (91 mg/l) ja pesula 5 (82 mg/l). Taulukossa 1 esitetyt kloridipitoisuudet perustuvat yhden päivän kokoomanäytteen analysointiin. Kloridien määrä voi aiheutua veden kierrätyksestä tai neutraloinnista, jos pH:ta säädetään paljon kemikaaleilla. Korroosioriski suurenee, jos kloridien määrä ylittää arvon 100 mg/l. Kloridipitoisuuteen voidaan vaikuttaa pienentämällä kierrätettävän veden osuutta /18/.

Jäteveden öljyt ja rasvat tulevat pääasiassa pestävistä työvaatteista, matoista ja mopeista.

Mineraaliöljypitoisuus on korkeimmillaan työvaatepesuloissa : pesula 9 (135 mg/l), pesula 11 (113 mg/l), pesula 6 (100 mg/l), pesulat 2 ja 3 (84 mg/l), pesula 5 (73 mg/l) ja pesula 4 (69 mg/l). Pesula 5 on edellisistä pesuloista ainoa, joka ei pese työvaatteita vaan mattoja, moppeja ja rullapyykkeitä. Jätevedessä olevat mineraaliöljyt ovat peräisin haalareiden ym. raskaiden työvaatteiden liasta. Mainittujen pesuloiden arvot ovat melko korkeita ja vaatisivat jäteveden käsittelyä ennen viemäriin laskemista (esim. öljynerotuskaivot). Pesula 7 pesee ainoastaan sairaala tekstiilejä, joten sen jätevesissä ei ole mineraaliöljyjä /18/.

Kiintoaine muodostuu pääosin tekstiilinukasta ja hiekasta. Kiintoainepitoisuus onkin korkeimmillaan mattopesuloissa eli pesulassa 5 (330 mg/l), pesulassa 9 (267 mg/l) ja pesuassa 8 (262 mg/l). Pienimmät kiintoainepitoisuudet ovat pesulassa 10 (27 mg/l) ja pesulassa 7 (41 mg/l). Pesula 10 pesee hotelli tekstiileitä ja sen yhteydessä on myös kemiallinen pesula. Pesua 7 pesee ainoastaan sairaala pyykkiä. Jätevesien kiintoainepitoisuutta voidaan pienentää hiekanerotuskaivolla tai suodattamalla. Nukan erotukseen on käytössä keskipakoerottimia /18/.

Kiintoaineen määrä vaikuttaa jäteveden hintaan. Hinnoitteluperusteet vaihtelevat eri puhdistamoilla /18/.

5 Pesuloiden muut ympäristövaikutukset

5.1 Ilmansuojelu

Tällä hetkellä Suomessa ilmansuojelulain ja -asetuksen perusteella luetellaan 22 laitostyyppiä, joilla on erityistä merkitystä ilmansuojelun kannalta. Pesulateollisuus pääsee mukaan lähinnä CFC-yhdisteiden ja mahdollisesti yli 5 MW:n voimalaitosten kautta /19/. Ainoastaan pesuloiden 2 ja 3 kahden kattilalaitoksen yhteisteho ylittää 5 MW:a ja on täten tarkkailun piirissä.

Erityisesti teollisuuspyyhkeiden mukana saapuu pesuloihin liuottimia. Liuottimet ovat peräisin kirjapainoista (painomuste) ja korjaamoista ym. verstaista. Pesulassa 3 on suoritettu mittauksia työilman liuotainainepitoisuuksista /20/. Liuotinhöyryn pääkomponenttina olivat bensiinityyppiset hiilivedyt. Muita liuottimia olivat mm. etyyliasetaatti, isopropanoli, etanoli ja tolueni.

Työilmasta mitatut liuotainainepitoisuudet olivat pienempiä kuin työministeriön vuonna -93 antamat haitallisiksi tunnetut pitoisuus (HTP) arvot. Kuitenkin teollisuuspyyhkeiden vastaanotto vaiheessa voivat pitoisuudet vaihdella runsaasti. Työterveyslaitos suosittelee vastaanotto vaiheessa hengityssuojainten käytön jatkamista kuten käytäntö on ollutkin.

Pesulassa 3 on myös mitattu teollisuuspyyhepesukoneiden hönkäputkien kaasupitoisuuksia /21/. Suurimmat keskiarvopitoisuudet kirjapainoissa käytetyissä teollisuuspyyhkeistä olivat: 3-metyylipentaani (3416 ppm), bentseeni (3099 ppm), 2-metyyli-2-buteeni (2615 ppm) sekä metyyliasetaatti (2091 ppm). Vastaavasti muille teollisuuspyyhkeille korkeimmat keskiarvopitoisuudet olivat: heksaani (2281 ppm), metyyliasetaatti (525 ppm) ja etanoli (406 ppm).

EU ja Itämeren Komissio ovat antaneet suosituksia haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) pitoisuuksille. Säännökset rajoittaisivat myös suoranaisesti eräiden aineiden käyttöä. Pesulassa 3 mitatut pitoisuudet ylittivät edellisten suositusten arvot. Mikäli suositukset tulevat voimaan, niin ne pakottavat kirjapainot ja korjaamot vaihtamaan käyttämiään liuottimia. Tällöin myös pesulassa ko. aineiden pitoisuudet pienenevät.

5.2 Jätehuolto

Pesuloissa syntyy kiinteää jätettä lähinnä käytettyinä muovipusseina, tyhjinä pesukemikaaliastioina ja loppuunkuluneina tekstiileinä. Suuret pesukemikaaliastiat ovat kierrätettäviä ja vain pienet astiat menevät kaatopaikalle. Osalle loppuun käytetyistä tekstiileistä on olemassa jatkokäsittely. Muodostuvat paperi- ja pahvijätteet ohjataan keräykseen. Uuden jätelain mukaan syntyvien jätteiden määrää pitäisi pyrkiä ehkäisemään ja ohjaamaan jäte kierrätykseen tai hyödyntää sen energiasisältö. Vasta neljäntenä mahdollisuutena on viedä jäte kaatopaikalle.

6 Eri jäteveden puhdistusmenetelmien vertailu

6.1 Yleistä

Jäteveden puhdistusmenetelmät voidaan jakaa toimintaperiaatteensa mukaan seuraaviin ryhmiin /10/ :

1. Mekaaninen puhdistus
2. Biologinen puhdistus
3. Kemiallinen puhdistus

Usein käytetään myös näiden menetelmien yhdistelmiä paremman lopputuloksen aikaansaamiseksi.

Henkel-Ecalab on tutkinut teollisuuspesuloiden jätevesien puhdistamiseksi seuraavia menetelmiä /22/:

- kalvoerotustekniikat (mikrosuodatus, ultrasuodatus ja käänteisosmoosi)
- saostamis- ja flotaatiomenetelmiä (yksinkertaisia saostamismenetelmiä, ilma lisäyksellistä saostamista, mekaanisen energian lisäystä, ym.)
- haihdutusmenetelmät (tyhjä/alipaine haihdutus ja laskevafilmi evaporaattori)
- elektrolyttisetmenetelmät (rautaelektrodi ja rauta/alumiinielektrodit)

Kokeissa määriteltiin seuraavia asioita :

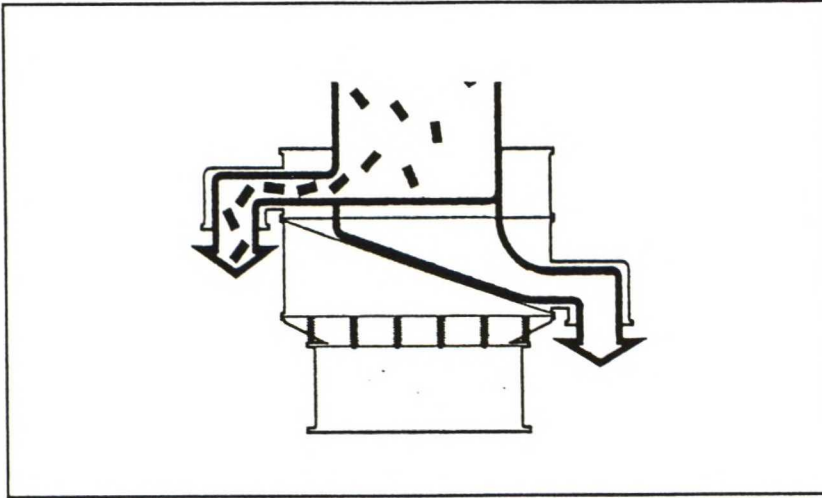
- mukautumista suureen lika-aineiden määrään
- käyttövarmuus ja -kustannukset
- lietteen muodostuminen ja sen sijoittaminen
- laitoksen kustannukset
- veden ja energian uudelleen käyttö

Kirjallisuusosan jätevedenpuhdistusmenetelmien vertailussa on päähuomio ollut teollisuuspesuloissa jo käytössä olevien eri menetelmien vertailussa.

6.2 Käytössä olevat puhdistusmenetelmät

6.2.1 Nukanerotus

Teollisuuspesuloiden yleisin nukanerotin on Sweco täryseula. Sweco:n periaatekaavio on esitetty kuvassa 4. Nukanerotus on erittäin tärkeä toimenpide jäteveden jatkokäsittelyn kannalta.



Kuva 4. Nukan erottamiseen käytettävän täryseulan, Sweco, periaatekaavio /23,24/.

Puhdistettava jätevesi johdetaan keskelle rumpua. Rummun pohjalla on seula, jonka erotus koko on 50 - 100 μm . Rumpu saadaan tärisemään sähkömoottorin avulla ja jätevedestä erottuvat lika-aineet poistuvat rummun sivusta. Puhdistettu jätevesi poistuu täriseulan toiselta sivulta /23,24/.

6.2.2 Hiekanerotus

Pesulassa 5 on käytössä hiekanerotus, mikä perustuu gravitaatioon. Hiekanerotus on tarpeellista etenkin mattopesuloissa.

6.2.3 Öljynerotus

Pesulassa 3 pestään teollisuuspyyhkeitä kahdessa yksikköpesukoneessa. Kummankin koneen huuhteluvedet ohjataan suoraan viemäriin ja pesuista tulevat jätevedet kerätään talteen. Liitteessä 2 on esitetty flotaatioon perustuvan öljynerotuksen kaavio.

Pesuvaiheiden jätevedet johdetaan tasausaltaan kautta nukanerottimeen. Tämän jälkeen jätevesi hapotetaan, $\text{pH} \approx 2,5$, ja johdetaan öljynerottimeen, missä öljyn erotus tapahtuu flotaation avulla. Flotaatio aikaansaadaan liuottamalla jäteveteen paineessa ilmaa. Erotettu öljy johdetaan erotussäiliöihin missä öljy- ja vesifaasit eroontuvat pitkän viipymän, ~ 1 viikko, ansiosta. Näin erotettu öljy toimitetaan ongelmajätteenä Riihimäelle jatkokäsittelyyn /13/.

Ennen öljynerotusta otetuista jätevesinäytteistä on suoritettu analyysijä raskasmetallien, mineraaliöljyjen sekä öljyjen ja rasvojen suhteen. Analyysitulokset on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Teollisuuspyykeiden pesujen jätevesissä olevia aineita /25/.

Aine	Pitoisuus mg/kg	Pitoisuus mg/l jätevettä
Mineraaliöljyt	14 500	
Öljyt ja rasvat	22 000	
Kuiva-aine	13 000	
Rauta	11 000 ka.	142
Sinkki	440 ka.	5,72
Kupari	10 ka.	0,13
Kadmium	0,24 ka.	0,0031
Kromi	120 ka.	1,56
Lyijy	580 ka.	7,54
Nikkeli	63 ka.	0,82

Kuukausittain on ongelmajätteeksi luokiteltavaa öljyseosta saatu erotettua n. 20 tonnia. Tämä muodostaa nykyisen jätevedenkäsittelyn suurimmat kustannukset. Ekokemille toimitettavan "jäteöljyn" vesipitoisuus on n. 50 % /13/.

6.3 Mekaaniset menetelmät

6.3.1 Yleistä

Suurinta osaa jäteveden mekaanisista puhdistusmenetelmistä on pidettävä lähinnä esikäsittelytoimenpiteenä. Tämä on kuitenkin usein välttämätöntä varsinaisen puhdistuksen onnistumiseksi /10/.

Mekaanisten menetelmien erikoismenetelminä voidaan pitää kalvoerotustekniikoita ja ioninvaihtoa. Nämä menetelmät käyttävät hyväkseen myös fysikaalisia ja kemiallisia tapahtumia. Ne soveltuvat jäteveden puhdistuksen viimeisiksi vaiheiksi, jolloin puhdistettu jätevesi on jo varsin hyvälaatuista. Nämä menetelmät vaativat hyvän esikäsittelyn, jotta suodatinmembraanit eivät tukkeudu.

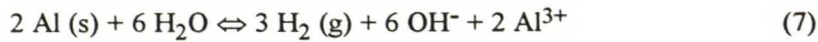
6.3.2 Flotaatio

Flotaatiossa on tarkoituksena nostaa jätevedessä olevat hiukkaset pintaan ilmakuplien avulla. Ilmakuplat voidaan synnyttää joko elektrolyytisesti, kemikaaleilla tai liuottamalla veteen paineessa ilmaa. Viimeksi mainitussa tapauksessa ilmalla kyllästetty vesi saatetaan jäteveden kanssa kosketukseen, jolloin paineen alentuessa vapautuvat ilmakuplat nostavat hiukkaset veden pinnalle /10/.

Flotaation avulla voidaan kiintoaineista 65 - 95 %, rasvoja ja öljyjä 65 - 98 % ja BHK-reduktio on jäteveden laadusta riippuen 25 - 98 % /10/.

Elektrolyyttisessä menetelmässä eli elektroflotaatiossa hyödynnetään myös fysikaalisia ja kemiallisia reaktioita. Menetelmän perustana on kaksi elektrodia; joko rauta ja alumiini (Fe/Al) tai pelkkä rauta (Fe). Elektrodit on upotettu puhdistettavaan jäteveeseen /22/.

Elektrolyyttistä toimintaa tapahtuu positiivisesti varatun alumiinielektrodin (anodi) ja negatiivisesti varatun rautaelektrodin (katodi) pinnoilla. Elektrodireaktiot on esitetty kaavoissa 6 ja 7. Tämän johdosta vesi jakaantuu ja siitä vapautuu kaasumaista vetyä. Samanaikaisesti pintaaktiiviset aineet ja emulsio hajoavat. Emulsiossa sitoutuneina olleet aineet vapautuvat ja pienet H₂-kuplat nostavat ne liuoksen pinnalle /22/.



Alumiininen anodi liukenee hiljalleen jäteveeseen ja on sen johdosta aina ajoittain uusittava. Vapautuva alumiini toimii saostavana kemikaalina ja nousee vedyn vaikutuksesta liuoksen pinnalle. Kuorimet poistavat pinnalle nousseen flotaatio lietteen, joka on hyvin vesipitoista.

Taulukossa 3 on esitetty Henkel-Ecolab:in tekemien pilot-plant mittakaavan pesulajäteveden puhdistustuloksia käyttäen elektrolyyttistä menetelmää.

Taulukko 3 Jäteveden puhdistustulokset käytettäessä elektrolyyttistä menetelmää /22/ sekä raja-arvoja /26/. (AOX = orgaaniset klooriyhdisteet, HC = hiilivedyt, BiAS = ionittomat tensidit)

	Raja-arvot	ionittomia tensidejä mg/l		ionittomia/anionisia tensidejä mg/l		anionisia tensidejä mg/l	
		jätevesi	puhdistettu	jätevesi	puhdistettu	jätevesi	puhdistettu
AOX		2,7	0,4	1,8	0,6	1,0	< 0,05
HC	200	56	21	96	1	39	2
BiAS		426	32	238	6	-	-
COD		4 413	1 567	4 478	2 818	3 624	5 061

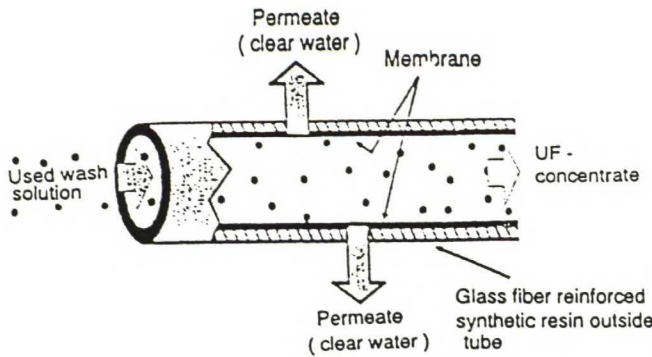
Tuloksista havaitaan, että pelkästään ionittomia tensidejä sisältävää jätevettä puhdistettaessa siihen jäi vielä suhteellisen paljon hiilivetyä. Silloin kun puhdistettava jätevesi on sisältänyt sekä ionittomia ja anionisia tai pelkästään anionisia tensidejä niin puhdistustulos on ollut hiilivetyjen suhteen parempi /22,24/.

Riittävä puhdistustulos saadaan Henkel-Ecolab:in tutkimusten mukaan aikaiseksi vain mikäli elektrolyyttistämenetelmää sovellettaessa käytetään anionisia tensidejä. Tämä kuitenkin huonontaa pesun laatua verrattuna ionittomiin tensideihin etenkin pestäessä työvaatteita. Tämän takia kokeet keskeytettiin /22/.

Kuten kohdassa 6.2 mainittiin on pesulassa 3 käytössä flotaatiolla toimiva öljynerotus. Tarkkoja tietoja öljynerotuksen tehokkuudesta ei kuitenkaan ole olemassa.

6.3.3 Kalvoerotustekniikat

Kaikki kolme Henkel-Ecolab:in tutkima kalvoerotustekniikkaa perustuvat poikittaisvirtaus (crossflow) periaatteelle. Puhdistettava jätevesi johdetaan kulkemaan paineistettuna membraaniputken sisällä. Tällöin jätevesi jakaantuu kahteen eri virtaukseen: membraanin läpäiseeseen puhdistettuun veteen eli permeaattiin ja membraanin sisällä kulkevaan väkevöityneeseen jäteveteen eli rejektiin. Kuvassa 5 on esitetty kalvoerotussuodattimen periaatekaavio /22,27/.



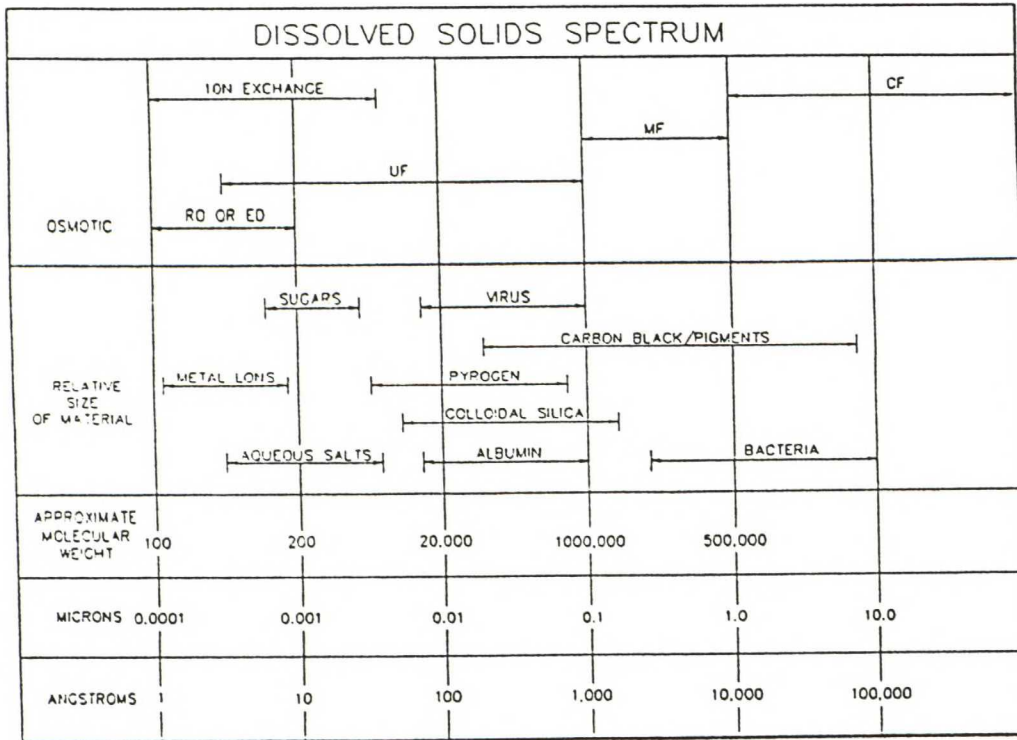
Kuva 5. Kalvoerotussuodattimien toimintaperiaate /22/.

Kaksi tärkeintä kalvolle tyypillistä suuretta ovat erotuskyky ja läpäisevyys. Erotuskykyä voidaan kuvata niin sanotun läpäisykäyrän avulla. Erotumiseen tai läpäisevyyteen vaikuttaa molekyylikoon lisäksi mm. molekyylin muoto, sen kemiallinen sitoutuminen ja se, miten monta eri komponenttia käsiteltävässä liuoksessa on.

Kun puhdistetun liuoksen määrä kasvaa, niin membraanin sisään jäävä jätevesi väkevöityy. Tällöin laitteen puhdistusteho laskee tasaisesti käyttöajan myötä ja membraaniin syntyy tukoksia. Kun membraanin valmistajan ilmoittama kynnysarvo saavutetaan, ei prosessia kannata enää jatkaa. Tällöin membraani on puhdistettava joko huuhtelemalla takaisinpäin tai käyttämällä huuhteluun vettä ja/tai puhdistusaineita /22/.

Puhdistus on välttämätön osa kalvoerotustekniikassa ja se on otettava huomioon vertailtaessa eri puhdistusmenetelmiä keskenään /22/.

Kuvassa 6 on esitetty erilaisten erotusmenetelmien toiminta-alueet ja erilaisten lika-aineiden hiukkaskokoja /27,30/.



RO = Reverse Osmosis UF = Ultrafiltration MF = Microfiltration
 CF = Conventional Filtration ED = Electrodialysis

Note: 1 Micron = 4×10^{-5} Inches (0.00004 Inches)
 1 Angstrom Unit = 10^{-10} Meters = 10^{-4} Micrometers (Microns)

Kuva 6. Erilaisten erotusmenetelmien toiminta-alueet ja lika-aineiden hiukkaskokoja /30/.

Mitä pienemmät suodatinhuokokset membraanin seinämässä on, sitä suurempi paine tarvitaan pumppaamaan jätevesi membraanin lävitse. Eri kalvoerotustekniikoilla on erilaiset suodatusrajat ja tarvittava käyttö paine. Erotettavan hiukkaskoon mukaan tarkasteltaessa menetelmät menevät osittain päällekkäin, joten jyrkkää rajaa eri menetelmien välle ei tässä suhteessa voida tehdä /22,27/.

Poikittaisvirtaustekniikan lisäksi on olemassa ns. membraaniviirasuodattimia (membrane belt filter), joissa viira on kokoajan liikkeessä. Puhdistettava jätevesi levitetään viiran päälle paineistettuna. Viiralle erottuva rejekti kaavitaan pois ja kuivataan alipaineessa /28/.

Näissä toteutuksissa saavutetaan suurempi virtausnopeus, rejektin pinempi vesipitoisuus ja pienempi energiankulutus kuin poikittaisvirtausmembraaneissa. Tiedot perustuvat pilot-kokeisiin /28/.

Mikrosuodatus

Mikrosuodatuksella voidaan liuksesta erottaa partikkelit joiden koko on välillä 0,02 - 10 µm. Kuvassa 6 on erotusalue rajattu tätä tarkemmin. Tällöin erottuvat lähinnä veteen liukenematomat aineet. Laitteiston tarvitsema käyttöpaine on 3 bar /22/.

Yhdysvalloissa on testattu puolentoista vuoden ajan AquaMark I merkistä mikrosuodatuslaitteistoa pesulajätevedenkäsittelyyn /29/. Pesulan tuotanto oli 60 % työvaatteita, 20 % teolli-

suuspyyhkeitä (myös kirjapainoista), 15 % mattoja ja 5 % sekalaista pyykkiä (moppeja, rulla-pyyhkeitä, ym).

Koelaitteistoon syötettiin 12 tunnin aikana 136 m^3 jätevettä, joten tuntia kohden virtaama oli $11,4 \text{ m}^3/\text{h}$. Puhdistettava jätevesi johdettiin ensin nukanerottimen läpi ja tämän jälkeen tasaussäiliöön. Tasaussäiliö on tarpeen, jotta kalvoerotuslaitteistoon johdettavan jäteveden virtaama voidaan pitää tasaisena ja samalla saadaan huippukuormituksia tasattua /29/.

Mikrosuodatuksessa käytetyn membraanin huokosten koko oli välillä $0,1\text{-}0,2 \text{ }\mu\text{m}$. Erikoisvalmisteinen hydrofiilinen membraani oli yhdistelmä kahdesta eri materiaalista. Mekaanista rasiutusta varten siinä oli polyeetterisulfonia ja öljyistä sekä rasvoista aiheutuvan likaantumisen varalta polyvinyylipyrrolidinia. Suodatinputket olivat halkaisijaltaan $1,5 \text{ mm}$ ja ne oli sijoitettu rinnan suurempiin suodatus moduleihin. Yhdessä modulissa oli n. 1900 kapilaari putkea ja ne toimivat poikittaisvirtaus periaatteella. Koko laitteiston vaatima lattiapinta-ala oli n. 17 m^2 /29/.

Suodatinmembraanien tukkeutumisen estämiseksi puhdistettavan liuoksen virtaussuuntaa vaihdettiin minuutin ajaksi neljä kertaa tunnissa. Lisäksi joka ilta membraanit pestiin laimentamalla alkalisella pesuliuksella kolmen tunnin ajan.

Taulukossa 4 on esitetty kokeessa saadut puhdistustulokset. Tulokset on kerätty puolentoista vuoden ajalta /29/.

Taulukko 4. Mikrosuodatuksella saatuja puhdistustuloksia /29/ sekä raja-arvoja /26/.

	Raja-arvot mg/l	Tuleva jätevesi mg/l	Puhdistettu jätevesi mg/l
Öljyt ja rasvat	200	750 - 1000	< 5 - 17
Kiintoaineet		600 - 2100	6 - 17
BOD		840	620
Cu	2,0	1,6	0,47 - 0,52
Cr	1,0	0,11	0,046
Ni	0,5	0,077	n.n.
Pb	0,5	0,37	n.n.
Zn	3,0	1,6 - 1,7	0,09 - 0,1
Fe		8 - 27	< 0,2 - 2
Al		3 - 19	0,1 - 1,3
Ca		83 - 255	26 - 94
Mg		4 - 33	2 - 7

Kokeissa käytetyllä mikrosuodatuksella saatiin hyvä puhdistustulos etenkin öljyn ja rasvan suhteen sekä raskasmetallien ja kiintoaineen osalta. Laitteisto poisti jätevedestä myös jonkin verran haihtuvia orgaanisia yhdisteitä eli VOC (Volatile Organic Compounds) /29/.

Rejektia muodostui noin 5 % laitteistoon syötetyn jäteveden määrästä. Se sisälsi ferroklorideja ja kalsiumhydroksidia. Rejektin jatkokäsittely voidaan järjestää joko suodattamalla tai haihduttamalla se pienempään tilaan /29/.

Permeaattia voidaan kierrättää takaisin pesuprosessiin. Ainoastaan huuhteluun se ei ole tarpeeksi puhdasta. Koko laitteisto oli pitkälle automatisoitu, joten se tarvitsi vain vähän käyttökonekunnan huomiota. Kokeen perusteella suoritettujen kustannusvertailujen perusteella laitteiston kustannukset olivat samaa luokkaa tai pienemmät kuin vastaavaan tarkoitukseen käytetyn flotaatiomenetelmän kustannukset /29/.

Vaikka mikrosuodatuksella pystytään erottamaan liukenemattomia partikkeleita ja jopa pitkäketjuisia makromolekyylejä (riippuen membraanin huokosten koosta), niin tätä menetelmää ei voida pitää riittävän tehokkaana jäteveden puhdistukseen, mikäli tarkoituksena on poistaa myös raskasmetalleja /22/.

Ultrasuodatus

Kuten kuvasta 6 havaitaan, ultrasuodatus kykenee erottamaan suurimolekyyllisiä aineita liuoksesta, molekyylipaino > 150 . Erotettavien partikkeleiden kokorajat vaihtelevat välillä 1 nm - 10 μm . Tällaisia aineita ovat esim. proteiinit, hiilihydraatit, kolloidisesti dispergoituneet aineet (pigmentit, lateksipartikkelit ym.), mikro-organit ja emulgoitunut öljy. Tarvittava paine on n. 10 bar /22,27/.

Henkel-Ecolab on testannut vuonna -93 yhdessä saksalaisten pesuloden kanssa pilot plant-mittakaavaista ultrasuodatusta erittäin likaisen (mineraaliöljy) työvaatepesulan jätevesien puhdistukseen. Koejakson pituus oli 6 viikkoa ja laitteiston kuormitus vaihteli välillä 70 - 150 l/h. Kokeessa puhdistettava jätevesi kerättiin pesun kaikista vaiheista ensimmäiseen huuhteluun asti. Puhdistettava vesi johdettiin nukanerotuksen kautta membraaniin. Poistettava nukka on usein rasvaista, mikä saattaa johtua siihen absorboituneista mineraaliöljyistä. Tämä asettaa nukkan jatkosijoitukselle omat vaatimuksensa. Mikäli öljypitoisuus on suuri, niin se luetaan ongelmajätteeksi /22/.

Permeaatti oli suhteellisen puhdasta ja huomattavasti kirkkaampi kuin puhdistamaton jätevesi. Rejektin vesipitoisuus oli vielä 80 - 90 % ja se näytti käytetyltä öljyltä. Rejektin osuus alkuperäisestä jäteveden määrästä oli välillä 0,7 - 1,5 %. Mitattuja puhdistustuloksia on esitetty taulukossa 5 /22/.

Taulukko 5. Ultrasuodatuksella saatuja jäteveden puhdistustuloksia /22/ sekä raja-arvoja /26/. (AOX = orgaaniset klooriyhdisteet, HC = hiilivedyt, BiAS = ionittomat tensidit)

	Raja-arvot mg/l	Esipesu mg/l	Pesu mg/l	Puhdistettu mg/l	Väkevöity mg/l
AOX		-	0,77	0,17	100,0
HC	200	200,0	130,0	5,0	3 000
Cu	2,0	65,0	32,0	1,0	250,0
Cr	1,0	2,0	0,7	< 0,1	20,0
Ni	0,5	3,0	1,0	< 0,1	25,0
Pb	0,5	3,0	1,0	< 0,1	40,0
Cd	0,01	0,2	0,1	< 0,1	5,0
Fe		80,0	18,0	0,1	150,0
Al		29,0	17,0	0,2	900,0
BiAS		622,0	356,0	15,0	21 100
COD		5 905	2 442	380,0	116 349

Permeaattia voidaan käyttää uudelleen pesuprosessissa vähemmän vaativiin kohtiin. Ultrasuodatus ei poista jätevedestä kaikkia siihen dissosioituneita partikkeleita. Mikäli vettä kierrätetään pitkän aikaa, niin jossain vaiheessa alkaa ilmaantua pyykin harmaantumista. Myös veteen jääneet pinta-aktiiviset aineet saattavat aiheuttaa vaahtoamis ongelmia. Jos puhdistettua vettä varastoidaan säiliöissä, niin niissä saattaa ilmetä mikro-organismien kasvua tai mätänemistä. Tämän takia on yleensä suositeltavaa johtaa puhdistettu jätevesi viemäriin /22/.

Kokeissa havaittiin jo kahden jäteveden puhdistuskerran jälkeen pyykin tuntuva huuhtelun jälkeen saippuaiselta. Kuitenkaan mattojen pesussa ei havaittu ongelmia /22/.

Käänteisosmoosi

Käänteisosmoosilla voidaan liuksesta erottaa kaikki dissosioituneet ja eidissosioituneet aineet molekyylipainoon 100 asti, kuten kuvassa 6 on esitetty. Erotettavien partikkeleiden koko vaihtelee tällöin välillä 0,1 - 4 nm. Erotuksessa tarvittava paine on n. 60 bar /22,30/.

Käänteisosmoosin avulla liuksesta voidaan erottaa ionimuodossa olevia aineita, kuten suoloja, metallisia kationeja ja anioneja. Orgaanisista yhdisteistä muun muassa väriaineet, bakteerit ja viruksetkin pidättyvät pienihuukoille käänteisosmoosikalvolle /27/.

Käänteisosmoosissa membraaninhuokokset ovat niin pieniä, että ne tukkeutuvat helposti likaisesta jätevedestä. Tämän takia jätevesi on ensin puhdistettava jollain muulla menetelmällä. Järjestelmä on kuitenkin hyvä jäteveden puhdistuksen viimeiseksi vaiheeksi, kun vettä halutaan kierrättää prosessissa /22/.

Käänteisosmoosin tehokkuudesta huolimatta on tutkimuksissa havaittu, että osa pinta-aktiivisista aineista kulkeutuu puhdistettuun jäteveeseen. Tämä aiheuttaa huuhteluvaiheessa riittämät-

tämän lopputuloksen. Jäteveden puhdistaminen käänteisosmoosilla on myös kallista. Tällöin puhtaan veden käyttö on taloudellisempaa, ellei tarkoituksena ole koko pesula vesikierron sulkeminen /22/.

Yhteenveto

Mikro- ja ultrasuodatusta sekä käänteisosmoosia voidaan käyttää pesulajätevesien puhdistukseen. Näillä tekniikoilla saadaan myös raskasmetallieja poistettua jätevesistä. Membraanit tukkeutuvat kolloideista, joten nämä menetelmät soveltuvat käytettäväksi vasta jonkun muun puhdistusmenetelmän jälkeen. Kalvoerotustekniikka soveltuu parhaiten käytettäväksi silloin, kun halutaan puhdistaa jätevesi hyvin, esim. kierrätettäessä vettä takaisin prosessiin /31/.

6.4 Biologiset menetelmät

6.4.1 Yleistä

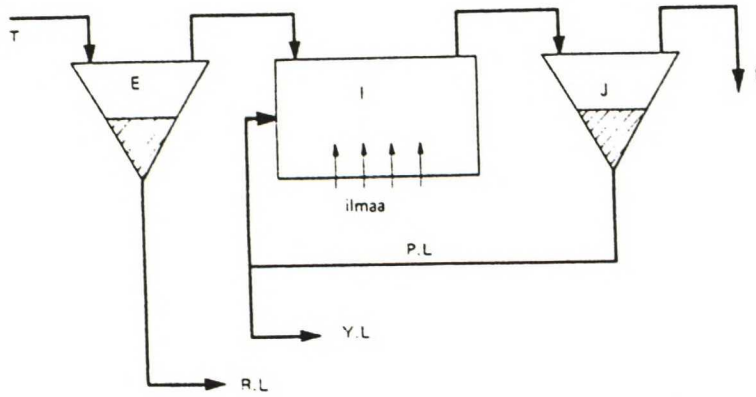
Biologiset puhdistusmenetelmät soveltuvat parhaiten käytettäväksi jätevesiin jotka sisältävät pääasiassa orgaanisia aineita. Mikäli jätevedessä on paljon epäorgaanisia aineita on niiden biologinen käsittely vaikeampaa. Tosin monet bakteerit voivat saada toimintaansa varten riittävästi energiaa hapettamalla pelkistyneitä epäorgaanisia yhdisteitä. Jotkut epäorgaaniset aineet ovat suurina pitoisuuksina myrkkijä, kuten esim. raskasmetalliyhdisteet (Cu, Cr, Zn, jne.), mutta bakteereilla on kyky tottua niihin. Haitta-aineet jäävät bakteerimassaan ja poistuvat systeemistä ylijäämälietteen mukana /10/.

Biologiseen puhdistamiseen soveltuvat bakteerit ja muut mikro-organismit valikotuvat puhdistimeen jäteveden mikro-organismeista. Bakteerikanta voidaan myös kehittää muualla ja siirtää puhdistimeen. Tällöin bakteerit ovat jo valmiiksi totutettu puhdistettavan jäteveden ominaisuuksiin /32/.

Biologisen puhdistuksen toimivuuteen vaikuttaa kemiallisten tekijöiden lisäksi myös fysikaalisia tekijöitä. Tärkeimmät näistä ovat pH ja lämpötila /10/.

6.4.2 Aktiiviliete

Aktiivilietemenetelmän kaavio on esitetty kuvassa 7. Ilmastusaltaassa tapahtuu varsinainen biologinen puhdistus. Ilmastuksen tarkoituksena on saattaa bakteerit kosketuksiin ilman sisältämän hapen kanssa. Ilmastusaltaan on oltava riittävän suuri, jotta bakteereilla olisi mahdollisuus käyttää hyväkseen jätevedessä olevia ravinteita ja saada tarpeeksi happea. Ilmastusaltaan tilavuus vaihtelee aktiivilietelaitoksen kuormituksen mukaan. Jäteveden viipymä ilmastusaltaassa vaihtelee tämän mukaan tunnista useampaan vuorokauteen. /10/.



Kuva 7. Aktiivilietemenetelmään perustuvan jätevedenpuhdistamon kaavio /10/. T = tuleva jätevesi, P = poistuva jätevesi, E = esiselkeytys, I = ilmastus, J = jälkselkeytys, P.L. = palautusliete, Y.L. = ylijäämäliete, R.L. = raakaliete.

Aktiivilietemenetelmä perustuu lähinnä erilaisten bakteerien aerobisissa olosuhteissa aikaansaamiin orgaanisten aineiden hajoitusprosesseihin. Bakteerien lisäksi aktiivilietteessä esiintyy muitakin eliöryhmiä. Bakteerit käyttävät erilaisia liuenneita, kolloidisia ja kiinteitä orgaanisia aineita ravinnokseen ja rakentavat niistä soluainetta. Hyvin huomattava osa orgaanisista aineista hapettuu prosessissa soluhengityksen kautta hiilidioksidiksi ja vedeksi /10/.

Biologista puhdistusta voidaan pitää melko hyvänä menetelmänä silloin, kun orgaanisten aineiden kokonaismäärän alentaminen on päätavoitteena. Myös jäteveden hygieninen laatu paranee käsittelyn aikana. Koska ravinne suoloja kuitenkin jää vielä runsaasti jäljelle, on biologisesti käsitellyn jäteveden haitta-arvo vielä korkea /10/.

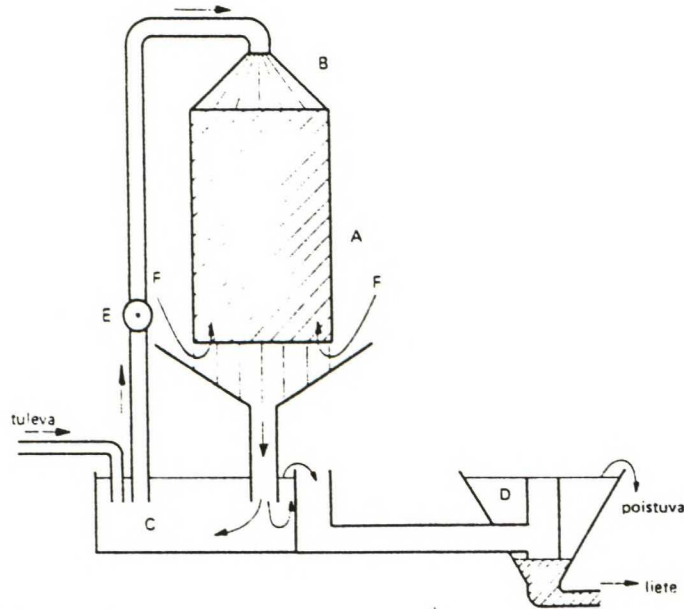
Biologiset prosessit ovat toisinaan vaikeasti hallittavia. Jätevesien laadun vaihtelu vaikeuttaa puhdistamon toimintaa. Mikäli pesuprosessissa tapahtuu jäteveden laatuun vaikuttavia muutoksia, esim. pesuaineen vaihto, niin se vaikuttaa puhdistustulokseen. Aktiivilieteorganismien toiminta heikkenee tai jopa kuolee kokonaan. Uuden kannan kehittyminen voi kestää kauan /10/.

Aktiivilietemenetelmässä jätevettä ilmastetaan flokkuloituneiden organismien kanssa. Kun orgaaninen aine ja biologinen liete joutuvat kosketuksiin keskenään, biologisen hapen kulutuksen väheneminen tapahtuu siten, että suspendoituneet ja kiinteät hienojakoiset aineet poistuvat adsorption ja koagulaation kautta. Liuenneet orgaaniset aineet adsorboituvat ja varastoituvat soluun. BHK-reduktion teho riippuu orgaanisen aineen ja lietteen määrän välisestä suhteesta sekä luonnollisesti jäteveden ja lietteen laadusta /10/.

6.4.2 Biologinen suodatin

Biologisen suodattimen eli biosuodattimen puhdistusominaisuudet perustuvat kuten aktiivilieteprosessissakin mikro-organismien toimintaan. Mikro-organismit ovat tällöin kiinnittyneinä

kiinteiden kappaleiden pinnalle. Puhdistettava jätevesi valutetaan kappaleiden pintaa pitkin ja tarvittaessa puhalletaan ilmaa alhaalta ylöspäin jäteveden virtausta vastaan. Kuvassa 8 on esitetty biologisen suodattimen toimintaperiaate. Suodatuksen jälkeen voidaan jätevettä puhdistaa vielä lisää muilla menetelmillä /10/.



Kuva 8. Biologisen suodattimen toimintaperiaate. A = suodatintorni, B = veden levitys, C = kierrätysallas, D= jälkiselkeytysallas, E = pumppu, F = ilman sisääntulo /10/.

Biosuodattimen etuja aktiivilietemenetelmään verrattuna ovat /32/:

- pieni tilantarve
- helppohoitaisuus
- pieni energian kulutus (ei ilmastusta)
- ei bulking-ilmiötä (lietteen paisuminen)
- kestää orgaanisen tilavuuskuorman ja hydraulisen pintakuorman vaihteluita
- nopea käyntiinlähtö

Biosuodattimessa saattaa esiintyä suodattimen tukkeutumisesta johtuvia toimintahäiriöitä. Tukkeutuminen johtuu yleensä suodattimen liian suuresta kuormituksesta, puhdistettavan jäteveden huonosta esikäsittelystä tai suodattimen huonosta huuhtelusta. Tukkeutuminen ilmenee joko pehana hajuna tai suodattimen pinnalla olevina lammikoina /32/.

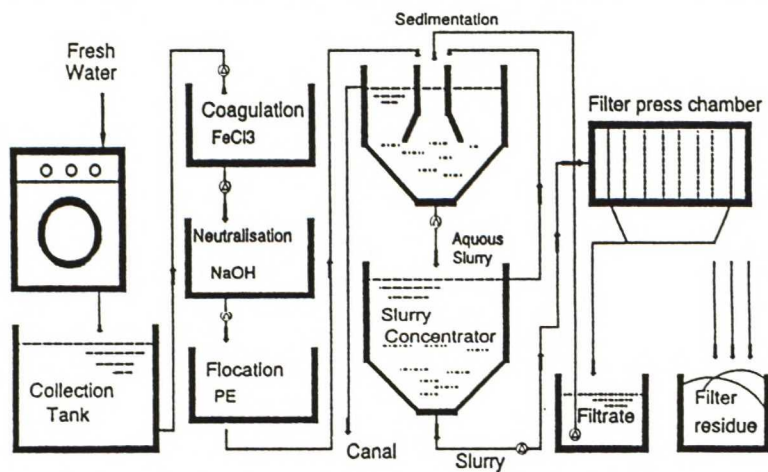
Tukkeutuma saadaan poistettua lisäämällä hydraulista pintakuormitusta, jolloin tukkeutuma saadaan huuhteltua pois. Suodattimeen voidaan lisätä Cl, NaOH tai H₂O₂ parin tunnin ajan viikottain, jolloin biomassa irtaana. Tukkeuma voidaan myös poistaa ottamalla biosuodatin pois käytöstä, jolloin suodattimessa oleva biomassa kuivuu ja lohkeilee pois. Mikäli tukkeutumia esiintyy usein, voidaan suodattimen täyteaine vaihtaa huokoisempaa /32/.

Hyvin toimivassa biosuodattimessa ei esiinny hajuhaittoja. Hajuhaittojen ehkäisemiseksi on huolehdittava, että : puhdistamon missään osassa ei esiinny hapettomuutta, riittävä ilmanvaihto, tukkeutumien poistosta, vedenjakolaitteista ym. Suodatin on sijoitettava siten, että se ei pääse talvella jäätymään /32/.

6.5 Kemialliset menetelmät

6.5.1 Saostaminen

Kuvassa 9 on esitetty periaatekaavio pesulajäteveden puhdistamista saostamalla.



Kuva 9. Saostamismenetelmän periaatekaavio /22/.

Henkel-Ecolab'in suorittamassa kokeessa kaikki pesusta ja huutelusta tuleva jätevesi kerätään tasausaltaaseen. Tätä ennen on jätevedestä erotettu hiekka ja nukka. Tasausallas on mitoitettu koko päivän jätevesimäärän mukaan. Tutkitussa tapauksessa jätevettä syntyi n. 6 m³/h /22/.

Ensimmäisessä puhdistusvaiheessa suoritetaan saostaminen rauta(III)kloridi liuoksella ja suolahapolla (HCl). Toisessa vaiheessa suoritetaan neutralointi NaOH:lla. Kolmannessa vaiheessa seokseen lisätään orgaanista "flokkuanttia" flokkauksen aikaansaamiseksi /22/.

Puhdistettu jätevesi kerätään säiliöön tai johdetaan jätevesiviemäriin. Lopuksi puhdistetusta jätevedestä poistetaan saostus- ja flokkausaineet johtamalla liuos paineistetun suodattimen läpi /22/.

Saostamalla saadaan jätevedestä poistettua raskasmetalleja. Metallit saostuvat hydroksideina alkalisissa olosuhteissa, mitä pesulajätevedet jo luonnostaankin ovat. Mikäli pH nousee liian korkeaksi, yli 10, niin metallit saattavat uudelleen dissosioitua jäteveteen /31/.

Eri saostettaville metalleille on kullekin oma, optimaalinen saostus pH. pH riippuu muista jätevedessä olevista komponenteista, esim. muut metallit, kelaatin muodostajat ja pesuaineiden detergentit. Myös saostuksen lämpötila vaikuttaa saostumisen onnistumiseen /31/.

Taulukossa 6 on esitetty puhdistustuloksia, jotka on saatu käyttämällä saostus tekniikkaa puhdistettaessa pesulajätevesiä. Tulokset on kerätty yli kahden vuoden ajalta /22/.

Taulukko 6. Pesulajäteveden puhdistaminen saostamalla. Mitattuja tutkimustuloksia /22/ sekä raja-arvoja /26/. (AOX = orgaaniset klooriyhdisteet, HC = hiilivedyt)

	Raja-arvot	Esipesu mg/l	Pesu mg/l	Puhdistettu mg/l	Väkevöity mg/l
AOX		-	8,00	0,10	29,60
HC	200	4 400,0	2 100,0	18,00	38,00
Cu	2,0	10,00	4,45	0,10	120
Cr	1,0	< 0,05	< 0,05	< 0,05	210
Ni	0,5	1,44	0,31	0,20	12
Pb	0,5	1,06	2,98	0,10	110
Zn	3,0	25,00	10,00	0,50	32
COD		28 000	12 400	3 000	10 640

Saostusmenetelmä reagoi jäteveden kiintoaineen vaihteluihin ja myös pesuprosessin muutoksiin. Tämän takia on suositeltavaa johtaa puhdistettava jätevesi ensin tasausaltaaseen, missä jäteveden laadunvaihtelut tasaantuvat. Tasausaltaan poistovesi on syytä kerätä altaan pohjalta, jotta lietteen muodostumista altaaseen voidaan pienentää /22/.

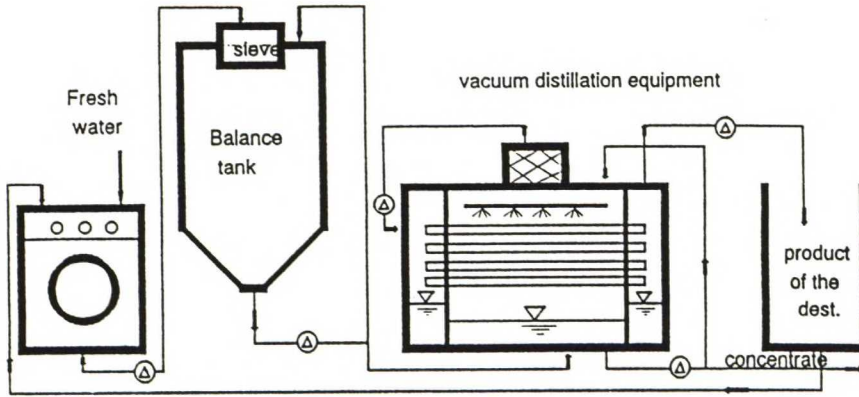
Suodatinpuristuksessa syntyvän lietteen määrä on n. 1 % koko jäteveden määrästä. Lietteen vesipitoisuus on menetelmästä riippuen 55 - 65 %. Yleensä muodustuva liete luokitellaan ongelmajätteeksi. Lietteen vesipitoisuutta voidaan alentaa, mutta silloin on huomioitava siitä syntyvät kustannukset ja tehtävä optimointi vesipitoisuuden ja kustannusten välillä /22/.

Suodattimen läpi tuleva puhdistettu jätevesi on vaaleaa. Analyysitulosten mukaan se ei enää sovellu pesuvetenä käytettäväksi. Kuitenkin sen on kokeissa todettu soveltuvan vähemmän kriittisiin pesuvaiheisiin, esim. mattojen pesuun /22/.

6.5.2 Haihdutusmenetelmät

Haihduuttamismenetelmät perustuvat tislaukseen. Usein käytetään hyväksi alipainetta, jolloin kiehumispiste alenee. Muilla teollisuuden aloilla kuin pesuloissa, on haihdutusmenetelmiä käytetty jäteveden puhdistamiseen jo vuosia /22/.

Haihduutuslaitteet ovat höyry lämmitteisiä tai toimivat höyrykompressorilla, millä on matala energian kulutus. Haihdutuskolonnit tai erottimet voidaan integroida, jolloin laitteisto tarvitsee vähemmän tilaa. Puhdistettavaa jätevettä kierrätetään systeemin läpi jatkuvasti. Kuvassa 10 on esitetty haihdutusmenetelmän periaatekaavio /22/.



Kuva 10. Haihdutusmenetelmän periaatekaavio /22/.

Henkel-Ecolab on testannut vuonna -93 yhdessä saksalaisten pesuloden kanssa pilot plant-mittakaavaista haihdutuslaitteistoa kolmen työvaatepesulan jätevesien puhdistukseen. Koelaitteiston kapasiteetti oli 150 l/h ja jakson pituus 8 viikkoa. Ensiksi jätevesi johdettiin nukanerottimen läpi tasausaltaaseen. Sieltä jätevesi, lämpötila n. 50 - 55 °C, johdettiin jatkuvana tasisena virtana alipaineistettuun evaporaattoriin. Haihduttimen lämpötila oli n. 58 °C, joten sen lämmittämiseen tarvittiin vain vähän ylimääräistä energiaa. Haihduttimesta poistui jatkuvasti tislettä, jonka lämpötila oli 56 °C /22/.

Kokeissa saadun tisleen laatu oli erinomainen. Se oli kirkasta ja melkein hajutonta. Taulukossa 7 on esitetty kokeessa saadut puhdistustulokset.

Taulukko 7. Jäteveden puhdistustulokset käytettäessä haihdutusmenetelmää /22/ sekä raja-arvoja /26/. (AOX = orgaaniset klooriyhdisteet, HC = hiilivedyt, BiAS = ionittomat tensidit)

	Raja-arvot	Jätevesi mg/l	Haihdutettu mg/l	Väkevöity mg/l
AOX		2,40	< 0,05	34,00
HC	200	210,00	2,00	n.n.
Cu	2,0	3,00	< 0,10	49,00
Cr	1,0	0,50	< 0,10	3,00
Ni	0,5	0,30	< 0,10	3,00
Pb	0,5	3,00	< 0,10	54,00
Cd	0,01	0,10	< 0,10	1,00
Fe		82,00	< 0,10	560,0
Al		33,00	< 0,10	390,0
BiAS		494,00	0,31	18 900
COD		6 324	119	n.n.

Haihduttimista saatiin paras puhdistustulos, kun niihin tuleva jätevesi esikäsiteltiin suodattamalla nukka ja muut epäpuhtaudet pois. Aluksi epäiltiin, että pestävistä työvaatteista poistu-

vat liuottimet aiheuttaisivat haihdutuksessa hajuongelmia. Tästä ei kuitenkaan tullut ongelmia. Kuitenkin jotkut matalalla kiehuvat ionittomat tensidit saattavat aiheuttaa ongelmia /22/.

Yksivaiheista haihdutinta käytettäessä, saatiin poistettavaa jätevettä n. 1,6 % alkuperäisestä jäteveden määrästä. Tätä poistettavaa jätevettä kierrätettiin kolonnissa uudelleen kunnen sen määräksi saatiin n. 0,4 %. Tällöin sen kosteus pitoisuus oli n. 60 % /22/.

Laboratoriossa on haihduttamista jatkettu niin pitkälle, että jäljelle on jäänyt vain kuivaa pulverimaista lika-ainetta. Tällöin on poistettavasta lietteestä saatu vesi kokonaan talteen ja lopullisen jätteen hävittämiskustannukset pienenevät /22/.

Haihdutuslaitteistot on yleensä tehty ruostumattomastateräksestä tai muusta metallista, jolloin niiden puhdistaminen on yksinkertaista. Puhdistaminen suoritetaan yleensä hapolla /22/.

Suomalainen Hackman on tuomassa markkinoille Hadwaccon haihdutinta, mikä poikkeaa perinteisistä haihduttimista siinä, että lämmön välittävänä pintana on metallin sijasta muovikelmu. Muovikelmu on kiinnitetty haihduttimeen osittain, jolloin se lepattaa haihdutuksen aikana. Tällöin haihduttimen lämmönsiirtopinta säilyy puhtaana eikä muovissa esiinny ruostumista. Halpuutensa takia muovipintaa voidaan käyttää suuria määriä. Haihduttimen energiakustannukset putoavat kolmannekseen perinteisiin ratkaisuihin nähden /33/.

7 Jätevettä koskevat määräykset

7.1 Lait ja asetukset

Suomessa on annettu Valtioneuvoston päätös (365/94) yleisestä viemäristä ja eräiltä teollisuudenaloilta vesiin johdettavien jätevesien sekä teollisuudesta yleiseen viemäriin johdettavien jätevesien käsittelystä. Päätöksellä pannaan täytäntöön yhdyskuntajätevesien käsittelystä 21 päivänä toukokuuta 1991 annettu Euroopan yhteisöjen neuvoston direktiivi (91/271/ETY) /34/.

Yleiseen viemäriin ja yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoihin johdettavat teollisuusjätevedet on esikäsiteltävä asianmukaisella tavalla :

1. viemäriverkon ja puhdistamojen työntekijöiden terveyden suojelemiseksi;
2. viemäriverkon, puhdistamoiden ja niihin liittyvien laitteiden vaurioitumisen estämiseksi;
3. jäteveden ja lietteen käsittelyprosessien toiminnan vaikeutumisen estämiseksi;
4. puhdistamon päästöistä ympäristöön kohdistuvien haittojen estämiseksi tai muiden purkuvesistöä koskevien säännösten vaatimusten täyttämiseksi; sekä

5. lietteen turvallisen, ympäristön kannalta hyväksyttävän sijoituksen varmistamiseksi.

7.2 Puhdistamojen maksuperusteet

Suomessa on voimassa laki jätevesimaksusta /35/. Lain mukaan jätevesimaksun on velvollinen suorittamaan kiinteistön omistaja tai omistajan vertainen haltija sellaisen kiinteistön osalta, jonka jätevedet johdetaan kunnan omistamaan yleiseen viemäriin. Jätevesimaksu käsittää liittymismaksun ja käyttömaksun. Käyttömaksun perusteena on kiinteistön käyttämän veden määrä.

Mikäli käyttömaksua on kiinteistöstä johdettavan jäteveden poikkeuksellisen laadun tai määrän vuoksi taikka muusta erityisestä syystä pidettävä kohtuuttoman suurene tai vähäisenä taikka jos veden määrää ei sopivasti voida mitata, on käyttömaksua määrättäessä otettava huomioon poikkeukselliset olosuhteet ja viemäristä saatava hyöty /35/.

Viemärilaitoksen omistavalla kunnalla on oikeus saada vesilaitokselta tiedot niiden kiinteistöjen vedenkulutuksesta, jotka on liitetty kunnan viemäriverkkoon. Kun teollisuuslaitoksesta kunnan viemäriin menevä jätevesimäärä on mitattavissa, on käyttömaksu määrättävä mitatun jätevesimäärän perusteella /35/. Tästä on olemassa KHO:n päätös.

Jätevesimaksun määräämisen yksityiskohtaiset perusteet sisältävän taksan hyväksyy kunnanvaltuusto /35/. Lääninhallitus hyväksyy kunnan määräämät maksuperusteet. Kuntien keskusjärjestö julkaisee laskentaohjeet jätevesimaksun määräämiksi. Jätevesimaksun laskenta-kaava on esitetty liitteessä 3.

Laskentamallin ajatuksena on, että laitos maksaa tuottamiensa jätevesien osalta ylimääräiset puhdistuskustannukset. Laitoksen jätevesien laatua verrataan eri tekijöiden osalta puhdistamolle tulevaan jäteveeseen. Tekijöitä painotetaan siten, että ne kuvastavat omaa osuuttaan puhdistamon käyttökustannuksista. Kaavaan vaikuttavia tekijöitä ovat jäteveden virtaaman vaihtelu, biologinen hapenkulutus sekä fosfori-, typpi- ja kiintoainepitoisuus.

8 Kirjallisuusosan yhteenveto

Pesulajätevedet sisältävät aina nukkaa. Tämän vuoksi tehokas nukanerotus on veden kierrätyksen ja jäteveden puhdistuksen perusedellytys.

Kirjallisuuden perusteella mielenkiintoisimmilta pesulajäteveden puhdistusmenetelmiltä vaikuttavat haihdutus- ja kalvoerotusmenetelmät.

Elektrolyyttisen flotaation ja ilmeisesti myös muiden elektrolyyttisten menetelmien huonona puolena on puhdistustehokkuuden riippuminen käytetystä pesuaineesta. Mikäli pesuaine sisältää anionisia tensidejä, niin puhdistustulos on riittävä. Usein kuitenkin on hyvän pesutuloksen

aikaansaamiseksi käytettävä pesuaineita, jotka sisältävät ionittomia tensidejä. Tämän takia elektrolyyttisten menetelmien soveltaminen pesulajätevesien puhdistamiseen on ilmeisesti hankalaa.

Biologisetmenetelmät soveltuvat parhaiten puhdistamaan jätevettä, jotka sisältävät paljon orgaanisia aineita. Pesulajätevesissä tämä tarkoittaa suurta mineraaliöljy sekä öljy- ja rasvapitoisuutta. Eri raskasmetallipitoisuuksien vaihtelut saattavat häiritä biologista puhdistusta. Pesulajätevesissä saattaa esiintyä myös muita biologiselle toiminnalle haitallisia aineita esim. teollisuuspyyhkeistä tulevia orgaanisia liuottimia. Biologisesta puhdistamosta poistettava ylijäämä liete, saattaa olla ongelmajätettä sen sisältämän raskasmetallipitoisuuden vuoksi. Kuitenkin ylijäämä lietteen määrä on pienempi, kuin nykyisin ongelmajätteenä erotettavien mineraaliöljyjen sekä öljyjen ja rasvojen määrä.

Yhtenä vaihtoehtona voisi olla nykyisen öljynerotuksen tehostaminen ja öljyn polttaminen pesulan höyrykattilassa. Mikäli öljyn vesipitoisuus saadaan tarpeeksi pieneksi, niin öljy tuottaisi höyryä pesulalle. Tällöin saatetaan kuitenkin joutua investoimaan savukaasujen puhdistuslaitteisiin.

Saostamisella saadaan jätevedestä poistettua raskasmetalleja ja alennettua etenkin jäteveden hiilivetytypitoisuutta ja COD_{Cr} :ää. Saostamalla puhdistettu jätevesi on huonosti pesuvedeksi sopivaa. Se sopii vähemmän kriittisiin pesuvaiheisiin esim. mattojen tai vipperien pesuun, mutta muuten sitä joudutaan puhdistamaan lisää, mikäli vesikiertoa halutaan sulkea enemmän. Saostuksessa syntyvä liete on myös ongelmallista. Luultavasti liete luokitellaan ongelmajätteeksi sen sisältämän raskasmetallipitoisuuden vuoksi.

Kokeellinen osa

9 Kokeiden suoritus

9.1 Yleistä

Pesuloiden jätevesistä oli tätä ennen tehty kolme mittausta kahden edellisen vuoden aikana. Koska eri pesuloita on yhteensä 13 kappaletta, päätettiin tarkempia tutkimuksia jäteveden laadusta suorittaa vain yhdessä pesulassa. Pesulat 2 ja 3 sijaitsevat samassa rakennuksessa ja niiden tuotanto on laaja-alaista.

Pesulassa 2 pestiin mittausjakson aikana kevyttä- ja raskastatyövaatetta, rullapyyhkeitä ja hotelliteksiiliä. Hotelliteksiilin peseminen tosin siirrettiin muualle loppuvuodesta -95. Raskastyövaate sekä hotelliteksiilit pestiin jatkuvatoimisissa putkipesukoneissa. Muut lajitelmat pestiin yksikkökoneilla. Pesulassa 3 pestään pelkästään teollisuuspyyhkeitä kahdella yksikköpesukoneella.

Mittausten tarkoituksena oli kartoittaa kunkin pestävän lajitelman tyypillisiä jätevesipäästöjä ja tätä kautta tutkia koko pesulan jätevesikuormituksen muodostumista.

Jo käytössä olevia pesulajäteveden puhdistusmenetelmiä seurattiin pesulassa 3 ja Waschanstalt Zürich:in työvaatepesulassa. Pesulassa 3 on käytössä flotaatio ja Waschanstalt Zürich:llä ultrasuodatus laitteisto.

Eri lajitelmilta pesuloista 2 ja 3 muodustuvat jätevesi määrät on esitetty taulukossa 8. Koko pesula tarkoittaa kummankin pesulan yhteistä vedenkäyttöä. Taulukossa olevien arvioiden laskelmat on esitetty liitteessä 4. Liitteessä 5 on esitetty liitteen 4 laskelmat kuvina.

Taulukko 8. Pestävien lajitelmien vedenkulutus, ominaiskulutus sekä muodostuvat jätevesimäärät pesuloissa 2 ja 3. Tulokset ovat vuoden 1995 keskiarvoja sekä arvioita.

	Rullapyyhe	Hotelli	KTV	RTV	Vipperit	Koko pesula
Käyttövesi m ³ /kk	1 542 *	1 245 *	1 574 *	768	1 076	5 045 tod. 4 460 *
Ominaiskulutus dm ³ /kg	16,0 *	10,0 *	33,8 *	14,1	20,4	13,6 tod. 12,0 *
Viemäriin m ³ /kk	455 *	1 210 *	900 *	750 *	1 050 *	4 365 *

* Luvut ovat arvioituja kulutuksia, jotka on laskettu pestyjen kilojen ja liussuhteiden mukaan sekä huomioimalla tekstiilien jäännöskosteus.

Taulukossa on ilmoitettu eri pesulajitelmien käyttämät vesimäärät sekä kunnanviemäriin laskemat jätevesimäärät ja lajitelmien ominaiskulutus. Veden kierrätyksestä johtuen kaikki

lajitelmat eivät muodosta suoranaista kuormitusta kunnanviemäriin. Viemäriin menevän jäteveden osuudesta on vähennetty tekstiilien jäännöskosteus. Mikäli koko pesulassa ei olisi vedenkierrätystä niin koko pesulan vedenkulutus olisi liitteen 4 laskelmien perusteella keskimäärin $6\,140\text{ m}^3/\text{kk}$. Veden ominaiskulutus olisi tällöin $16,5\text{ l/kg}$. Käytössä olevalla vedenkierrätyksellä saavutettiin säästöä n. $1\,090\text{ m}^3/\text{kk}$ mikä on n. 18% :n säästö vedenkulutuksessa.

9.2 Suoritetut mittaukset

Pesuloissa 2 ja 3 suoritettiin mittauksia ajalla 4.9.-5.10.-95. Osa mittauksista tehtiin Teknillisen korkeakoulun (TKK) ympäristönsuojelulaboratoriolta vuokratulla jätevesien mittausravennalla. Jätevesien sisältämät metallit analysoitiin TKK:n kemiantekniikan laitoksen Analyysikeskuksessa. Öljyt ja rasvat sekä mineraaliöljyt määritettiin Maa ja vesi Oy:n ympäristölaboratoriossa.

Näytteitä otettiin jokaisesta lajitelmast ja kunnanviemäriin menevästä jätevedestä. Yksikkökoneilla näytteet otettiin pesuohjelman mukaan esipesu, ja pesun jälkeen sekä ensimmäisen huuhtelun poistovedestä. Pesuputkilla näytteet otettiin lattiaviemäristä, missä kaikki pesuputkelta tulevat jätevedet olivat sekoittuneet keskenään. Määrityksien virhetarkastelu on esitetty liitteessä 6.

Jätevesistä määritettiin lämpötila, pH, kiintoaine, hehkutusjäännös, BOD_7 , COD_{Cr} , fosfaattifosfori, nitraattityppi ja ammoniumtyppi. Käytetyt analyysimenetelmät olivat :

Lämpötila,pH	Hachin mittarilla, jossa on samassa lämpötila ja pH mittarit. Mittarin tarkkuus kummallekin 0,1 yksikköä.
Kiintoaine	Kiintoaine on sen hiukkasmäärän massa näytetilavuutta kohti, mikä jää standardin mukaan suodatettaessa suodattimelle. Määritettiin standardin SFS 3037 mukaan /36/. Standardista poiketen suodattimena käytettiin Macherey-Nagel:in harmaita 640 w paperisuodattimia.
Hehkutusjäännös	Hehkutusjäännös on se aineen massa, joka jää jäljelle, kun näytettä hehkutetaan $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötilassa. Määritettiin standardin SFS 3008 mukaan /37/. Standardista poiketen hehkutettiin upokkaissa suodattimet, joilla oli mitattu jäteveden kiintoaine.
BOD_7	Biokemiallinen hapenkulutus on se liuenneen hapen määrä, joka kuluu liuenneen ja suspendoituneen hapettuvan aineen biokemiallisesti hapettumassa määrityissä olosuhteissa seitsemän päivän kuluessa. Määritettiin standardin SFS 5508 /38/ mukaisesti. Standardista poiketen käytettiin vesihauheen sijasta kylmälaukkua.

COD _{Cr}	Veden kemiallinen hapenkulutus on hapettimena toimivan dikromaatin (K ₂ Cr ₂ O ₇) kanssa ekvivalenttinen määrä happea, jonka näytteessä oleva liuennut ja suspendoitunut orgaaninen aines kuluttaa menetelmän mukaisissa oloissa. Määritettiin standardin SFS 5504 /39/ mukaan. Standardista poiketen määrittelyssä käytettiin Hach:in valmiita reagenssiputkia. Analysoitiin spektrofotometrisesti.
Fosfaattifosfori	Määritettiin Hach:in spektrofotometrisellä analysaattorilla käyttöohjeen /40/ mukaisesti.
Nitraattityppi	Määritettiin Hach:in spektrofotometrisellä analysaattorilla käyttöohjeen /40/ mukaisesti.
Ammoniumtyppi	Määritettiin Hach:in spektrofotometrisellä analysaattorilla käyttöohjeen /40/ mukaisesti.

Waschanstalt Zürich:in pesulan toimintaan ja jäteveden käsittelyyn tutustuttiin ajalla 13.-24.11.-95. Jätevesistä teetettiin analyysjä metallien osalta TKK:n Analyysikeskuksessa ja muut analyysit teetettiin Zürich:iläisessä Labor roth Ag:n ympäristölaboratoriossa.

Jätevesinäytteitä otettiin UF-laitteiston syöttövedestä ennen esipuhdistusta, laitteiston kierto-vedestä ja laitteiston puhdistamasta vedestä. Konsentraattisäiliöstä otettiin näyte metallien määrittystä varten.

10 Koetulokset

10.1 Eri lajitelmien jätevedet

10.1.1 Yleistä

Saadut mittaustulokset on esitetty liitteissä 7 - 14. Taulukossa 9 on esitetty yhteenveto pesula 2 ja 3:n jätevesien laadusta lämpötilan, pH:n, kiintoaineen, hehkutusjäännöksen, biologisen- ja kemiallisen hapenkutuksen sekä fosforin ja typen osalta.

Taulukon 9 tulokset ovat mittattujen arvojen keskiarvot. Keskiarvoja laskettaessa on tuloksista jätetty huomioimatta selvästi muista poikenneet arvot. Eri ominaisuuksien keskihajonnat on esitetty kunkin lajitelman liitteessä.

Taulukko 9. Eri pesulajätevesien ominaisuuksia.

	t °C	pH	Kiint.a. mg/l	Hehk.j. mg/l	BOD ₇ mg/l	COD _{Cr} mg/l	PO ₄ -P mg/l	NO ₃ -N mg/l	NH ₃ -N mg/l
Kunnan liittymä	33	8,7	154	92	1 250	4 800	56	44	17
RTV-putki	51	11,4	315	226	1 230	3 200	45	17	16
Hotelli-putki	53	9,5	31	8,4	180	480	5,8	2,0	2,0
Rullapyyhkeet									
Pesu	67	11,6	99	14	580	1 000	11	5,1	3,2
Huuhtelu	35	10,6	58	9,6	40	300	3,4	2,3	1,0
Kevyttyövaate									
Esipesu	51	11,9	255	28	1 280	4 500	23	18	22
Pesu	61	11,7	113	9,3	1 010	2 200	13	9,1	13
Huuhtelu 1	29	10,1	26	2,8	20	200	1,7	5,7	1,8
Verstasvipperit									
Esipesu	67	11,6	5 903	1 230		75 300	1 770	1 443	528
Pesu	69	11,7	2 200	500		75 300	497	485	165
Huuhtelu 1	56	11,4	777	294		10 700	199	216	148
Kirjapainovipperit									
Esipesu	61	10,3	1 278	285		55 500	1 355	1 386	550
Pesu	64	10,8	1 844	697		55 500	1 070	1 085	453
Huuhtelu 1	52	10,6	423	133		30 600	296	393	235
Flotaatio ulos	23	3,9	21	13	28 850	21 500	80	35	29
Öljysweko sisään	52	10,2	2 478	507				858	
ulos		10,5	1 219	320	31 320		1 931		413

Kaikkien taulukossa esitettyjen mitattujen parametrien vaihtelut olivat suuria. Ainoastaa jatkuvatoimisilla putkipesukoneilla jätevesien laatu pysyi suhteellisen tasaisena. Suurinta vaihtelut olivat kunnanviemärin liittymäkohdassa.

Taulukossa 10 on esitetty jätevesistä analysoidut metallipitoisuudet.

Taulukko 10. Pesulajätevesien sisältämiä metallipitoisuuksia.

mg/l	Fe	Cd	Cu	Ni	Pb	Cr	Zn
Kunnan liittymä	5,02	0,015	1,670	0,152	0,227	0,052	2,870
RTV-putki	14,10	0,038	3,580	0,486	0,419	0,147	3,820
Kevyttyövaate, pesut	1,64	0,0002	0,520	0,043	0,122	0,022	0,523
Verstasvipperit, pesut	110,00	0,130	5,280	0,760	3,250	0,589	24,800
Verstasvipperit, huuhtelu 1.	72,00	0,054	3,540	0,575	2,340	0,358	9,140
Kirjapainovipperit, pesut	4,40	0,134	13,730	0,087	1,150	0,106	7,510
Kirjapainovipperit, huuht. 1.	2,60	0,036	9,950	0,051	0,580	0,056	3,840
Flotaatio, sisään	48,00	0,090	10,950	0,324	10,270	0,432	17,000
Flotaatio, ulos	25,00	0,101	6,190	0,759	0,139	0,212	14,300

Suurimmat metallipitoisuudet tulevat teollisuuspyyhkeiden pesujen poistovesistä. Myös teollisuuspyyhkeiden ensimmäisistä huuhteluista mitatut metallipitoisuudet ovat vielä suhteellisen

suuria. Selvästi pienimpiä mitatuista metallipitoisuuksista olivat kevyen työvaatteen pesuista mitatut pitoisuudet.

Taulukossa 11 on esitetty jätevesistä mitattuja mineraaliöljy sekä öljy ja rasva pitoisuuksia.

Taulukko 11. Pesulajätevesien sisältämiä mineraaliöljy sekä öljy ja rasva pitoisuuksia.

	Mineraaliöljyt, mg/l	Öljyt ja rasvat, mg/l
Kunnan liittymä	550	830
RTV-putki	190	650
Kevyttyövaate, pesut	4	370
Vipperien pesuvedet	13 000	14 000
Vipperien l. huuhtelu	3 800	4 300
Flotaatio, ulos	150	220

Selvästi suurimmat mineraaliöljy sekä öljy ja rasva pitoisuudet tulevat teollisuuspyyhkeiden pesuista. Myös teollisuuspyyhkeiden ensimmäisistä huuhteluista tulevassa vedessä ovat pitoisuudet yli 20 kertaiset verrattuna raskaantyövaatteen pesuputkelta tuleviin pitoisuuksiin.

Teollisuuspyyhkeiden jätevesistä analysoidut näytteet kerättiin yhdistettyinä kokoomanäytteinä versta- ja kirjapainovipperien pesuista sekä ensimmäisistä huuhteluista. Tämän takia ei voida erottaa versta- ja kirjapainovippereiltä tulevia pitoisuuksia toisistaan.

10.1.2 Hotellitekstiilit

Hotellitekstiilit pestään jatkuvatoimisella putkipesukoneella. Pesuihin ja huuhteluihin käytetään pelkästään puhdasta, pehmennettyä vettä. Pesuprosessissa syntyvät jätevedet ohjataa lämmönvaihtimen kautta kunnanviemäriin.

Pesuputkessa käytetään 10:tä eri pesuohjelmaa erilaisille tekstiileille. Hotellitekstiilien määriä ja kulutusarvoja on esitetty taulukossa 12. Taulukossa esitetyt luvut ovat arvioita, sillä todellisia arvoja ei ole tiedossa muuten kuin pestyjen kilojen osalta.

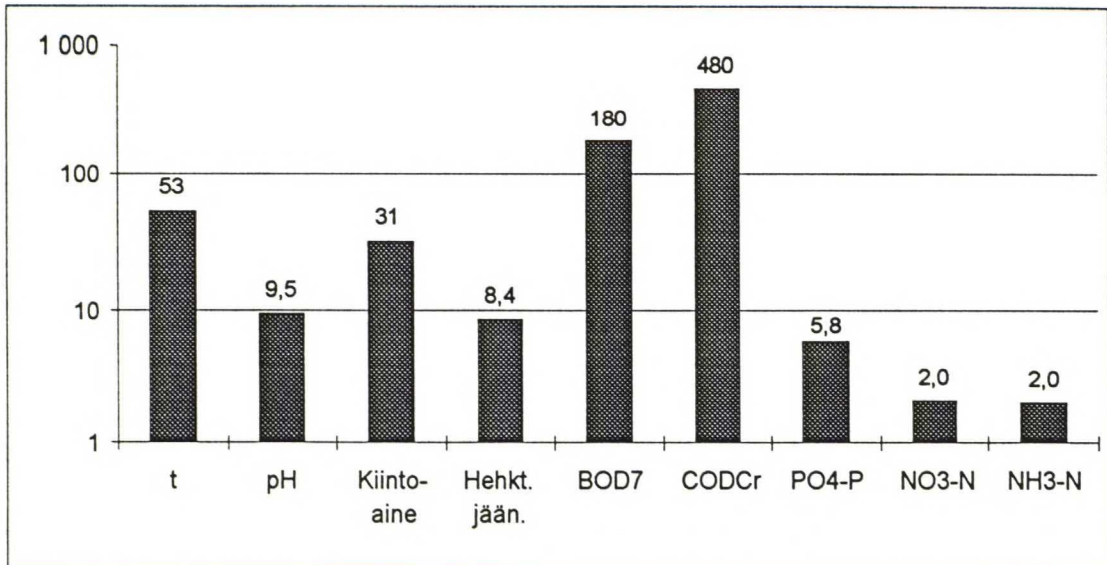
Taulukko 12. Kuukausikeskiarvot hotellitekstiilien pesumäärät ja arvioidut käyttöveden sekä pesukemikaalien kulutukset ja pitoisuudet.

Pestyt tekstiilit	Käyttövesi	Pesukemikaalit	Pesukemikaali-annostus	Pesukemikaaleja jätevedessä
124 477 kg/kk	1 200* m ³ /kk	2 520* kg/kk	20,2* g/kg	2,1* g/dm ³

* luvut ovat arvioita

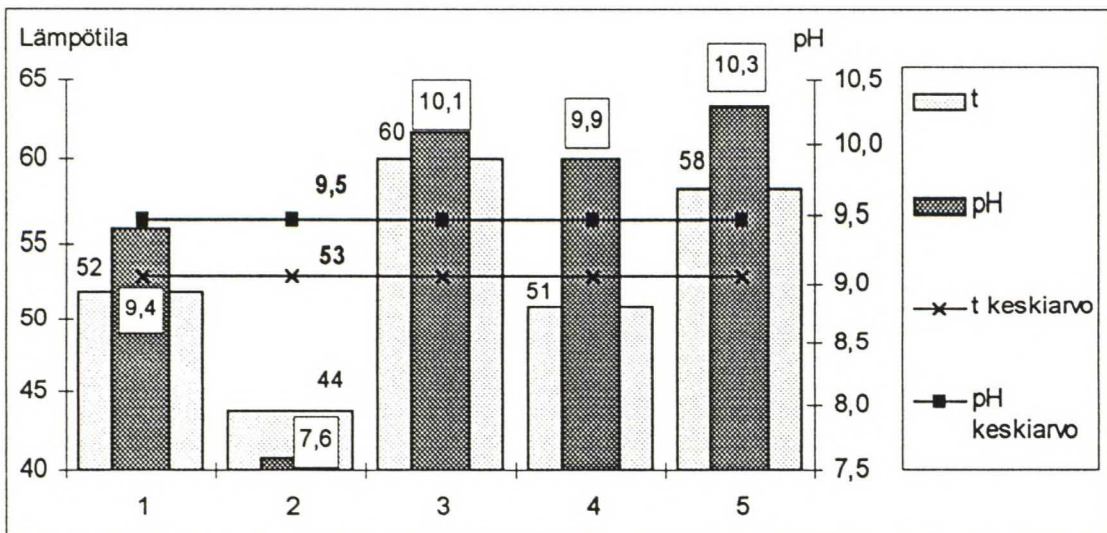
Hotellitekstiilien pesuissa käytetään viittä eri pesuainetta. Pesuaineannostukset vaihtelevat eri pesuohjelman mukaan. Hotellitekstiilien kuukaudessa käyttämä vesimäärä on arvio. Arvioiden laskentaperusteet on esitetty liitteessä 4.

Kuvassa 11 on esitetty hotellitekstiilien pesuputken jätevesistä mitattuja haitta-aine pitoisuuksien keskiarvot. Mittaustulokset hotelli-putken jätevesistä on esitetty liitteessä 7.



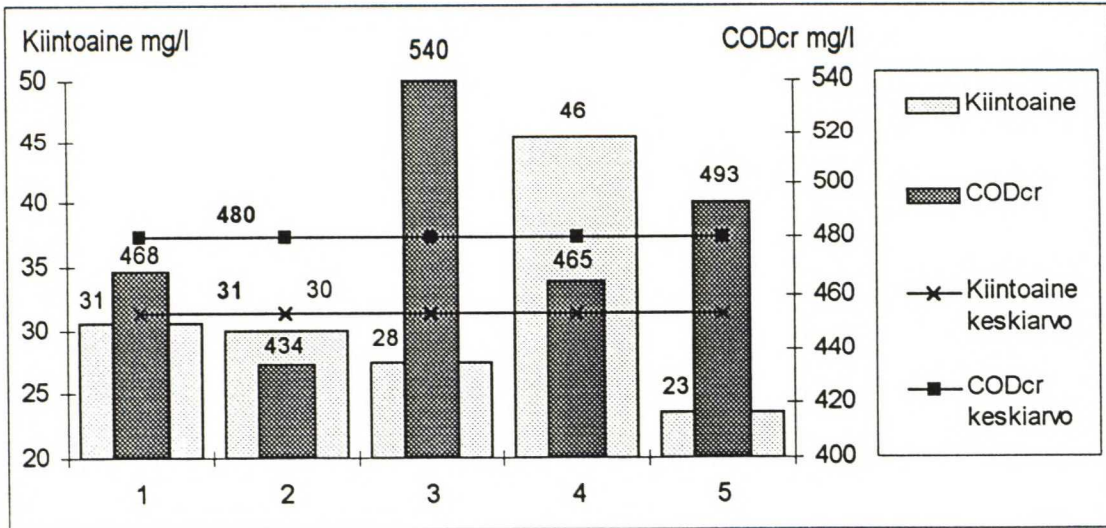
Kuva 11. Hotellitekstiilien jätevedestä mitattuja haitta-ainepitoisuuksien keskiarvot.

Hotellitekstiilien jätevesi on vähiten likaista pesulassa syntyneistä jätevesistä. Mitatut arvot vaihtelivat suhteellisen vähän. Mittausten keskihajonat olivat mitattujen lajitelmiä jätevesien pienimpiä. Kuvassa 12 on esitetty hotellitekstiilien jätevesistä mitatut lämpötilat ja pH:t sekä niiden keskiarvot.



Kuva 12. Hotellitekstiilien jätevesistä mitatut lämpötilat ja pH:t sekä niiden keskiarvot.

Lämpötilan vaihtelut samoin kuin muutkin vaihtelut johtunevat pesuputken syklistä. Pesuputki tyhjentää vettä lattiaviemäriin eri aikoihin putken eri kohdista. Tämä aiheuttaa pientä, "luonnollista", vaihtelua jäteveden laatuun. Kuvassa 13 on esitetty mitatut kiintoainepitoisuudet ja COD_{Cr}-arvot sekä näiden keskiarvot.



Kuva 13. Hotellitekstiilien jätevesistä mitatut kiintoainepitoisuudet ja COD_{Cr}-arvot sekä näiden keskiarvot.

Mitatuista aineista kiintoaine, hehkutusjäännös, hapenkulutukset sekä ravinteet olivat selvästi pienempiä kuin muiden lajitelmiä pesujen jätevesissä. Ainoastaan joidenkin lajitelmiä ensimmäisistä huuhteluvesistä mitattiin pienempiä pitoisuuksia kuin hotelliputken jätevesistä.

10.1.3 Rullapyyhkeet

Rullapyyhkeet pestään kahdella 200 kg:n yksikkökoneella. Ainoastaan huuhteluissa käytetään puhdasta vettä. Huuhteluvedet ohjataan nukanerotuksen kautta keräyssäiliöön. Sieltä vesi ohjataan takaisin rullapyyhkeiden pesuihin sekä kevyen työvaatteen pesuvedeksi. Rullapyyhkeiden pesujen vedet ohjataan nukanerottimen kautta teollisuuspyyhkeiden pesuvesiksi. Mikäli kierrätysvettä ei ole saatavissa, niin myös pesuissa käytetään puhdasta vettä.

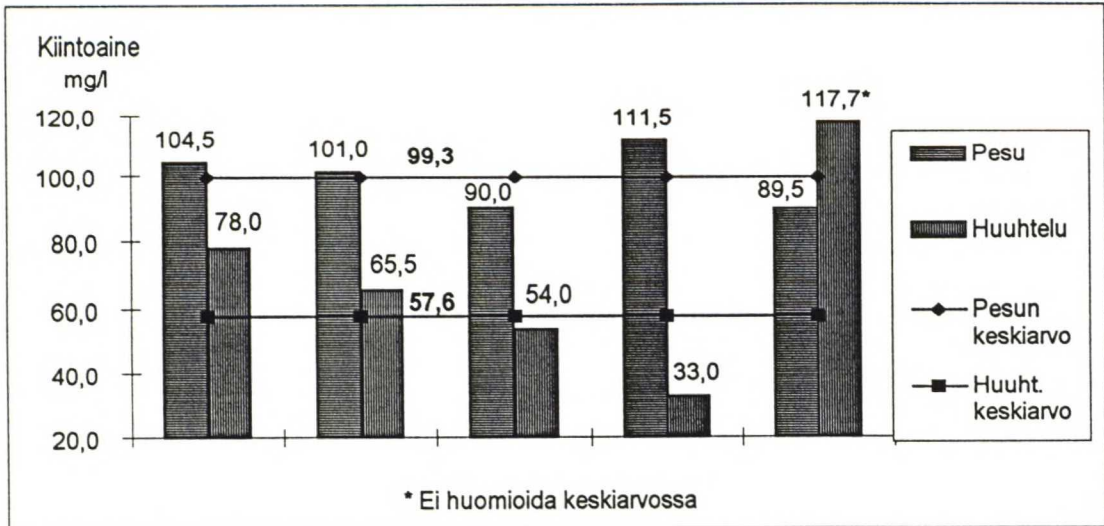
Valtaosa pestävistä rullapyyhkeistä on valkoisia, mutta pieni osa pyyhkeistä on sinisiä. Rullapyyhkeiden pesussa on käytössä neljä erilaista pesuohjelmaa: valkoiset, siniset ja uudet rullapyyhkeet sekä uusintapesu. Taulukossa 13 on esitetty rullapyyhkeiden määriä ja kulutusarvoja vuodelta -95.

Taulukko 13. Kuukausikeskiarvot rullapyyhkeiden pesumääristä ja kulutusarvoista vuonna -95.

Pestyt tekstiilit	Käyttövesi	Pesukemikaalit	Pesukemikaali-annostus	Pesukemikaaleja jätevedessä
96 390 kg/kk	1 540 * m ³ /kk	2 254 kg/kk	23,4 g/kg	1,5* g/dm ³

* Luvut ovat arvioita, jotka perustuvat pestyihin kiloihin ja käytettyihin liuossuhteisiin.

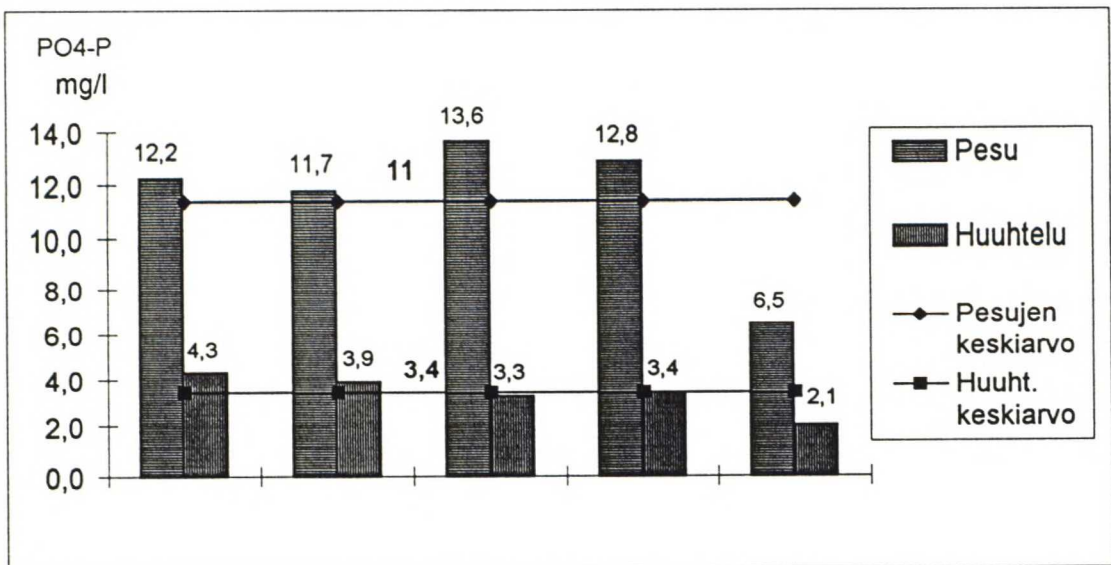
Liitteessä 8 on esitetty rullapyyhkeiden jätevesistä mitattut haitta-aine pitoisuudet. Kuvassa 14 on esitetty rullapyyhkeiden pesuista ja ensimmäisistä huuhteluista mitattuja kiintoainepitoisuuksia.



Kuva 14. Rullapyyhkeiden pesuista ja ensimmäisistä huuhteluista mitattuja kiintoainepitoisuuksia sekä keskiarvot.

Rullapyyhkeiden jätevesien laatu oli yksikkökoneilla tapahtuvien pesujen tasaisin. Tähän vaikuttaa pestävien tekstiililajitelmien vähäisyys ja samanlainen käyttö. Kun tekstiilien käyttö on samanlaista, tässä tapauksessa käsien kuivaus, niin niiden sisältämä lika on myös suhteellisen tasalaatuista.

Kuvassa 15 on esitetty mitattuja fosfaattifosforipitoisuuksia rullapyyhkeiden pesuista ja ensimmäisistä huuhteluista sekä ko arvojen keskiarvot.



Kuva 15. Rullapyyhkeiden pesuista ja ensimmäisistä huuhteluista mitattuja fosfaattifosforipitoisuuksia sekä niiden keskiarvot.

Rullapyyhkeiden pesujen jätevesistä mitatut pitoisuudet olivat hotellitekstiilien jälkeen selvästi pienemmät, kuin muiden tekstiilien jätevesissä olevat haitta-aine pitoisuudet. Ensimmäisen

huuhtelun jätevesistä mitatut pitoisuudet olivat samaa luokkaa kuin KTV:n ensimmäisestä huuhtelusta mitatut pitoisuudet. Ainoastaan ensimmäisen huuhtelun kiintoainepitoisuus oli selvästi suurempi kuin KTV:n huuhtelussa. Tämä johtunee pestävistä tekstiilimateriaaleista. KTV on yleensä puuvilla/polyesteri seosta kun taas rullapyyhkeet ovat puuvillaa. Puuvillasta lähtee pesun ja huuhtelun yhteydessä enemmän kuituja kuin sekoitekankaista.

10.1.4 Kevyt työvaate

Kevyitä työvaatteita pestään viidellä 100 kg:n yksikkökoneella. Erilaisia pesuohjelmia on käytössä 12 kpl. Pesuvetenä käytetään rullapyyhkeiden ja KTV:n huuhteluista tulevaa vettä. Mikäli pesuihin ei ole riittävästi saatavissa kierrätysvettä, niin lisävetenä käytetään puhdasta vettä. Huuhteluissa käytetään puhdasta vettä. Huuhteluvedet ohjataan nukanerotuksen kautta keräyssäiliöön. Sieltä vesi ohjataan rullapyyhkeiden sekä kevyen työvaatteen pesuvedeksi. KTV:n pesujen jätevedet ohjataan lämmönvaihtimen kautta kunnanviemäriin. Mikäli kierrätysvettä ei ole saatavissa, niin myös pesuissa käytetään puhdasta vettä. Taulukossa 14 on esitetty KTV:n määriä ja kulutusarvoja vuodelta -95. Esitetyt luvut ovat arvioita, sillä todellisia arvoja ei ole tiedossa muuta kuin pestyjen kilojen osalta.

Taulukko 14. Kevyen työvaatteen pesumäärien ja pesukemikaalien kuukausikeskiarvot vuonna -95.

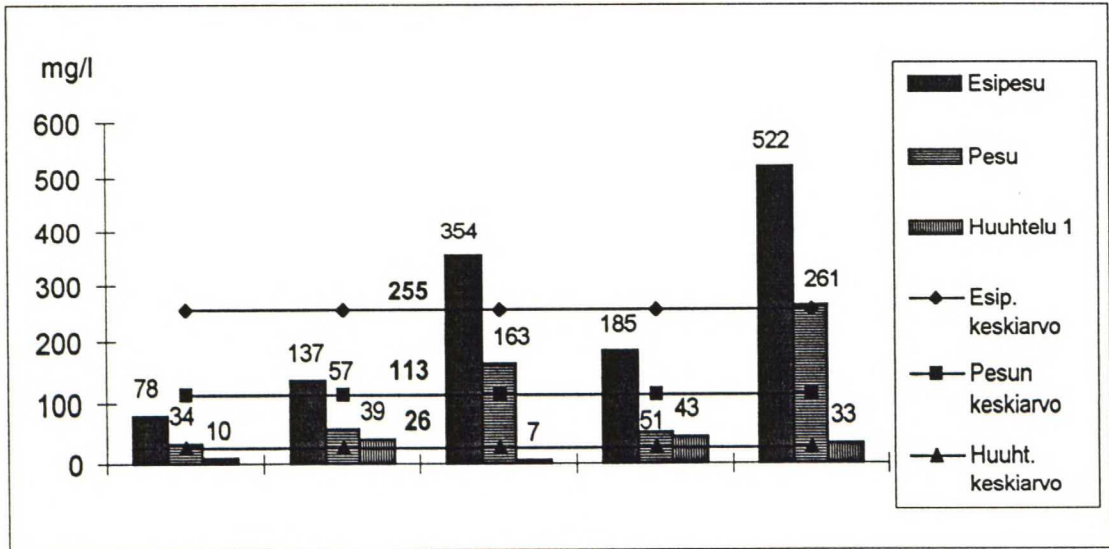
Pestyt tekstiilit	Käyttövesi	Pesukemikaalit	Pesukemikaali-annostus	Pesukemikaaleja pesujen jätevedessä
46 573 kg/kk	1 570 * m ³ /kk	2 000 * kg/kk	42,9 * g/kg	4,4 * g/dm ³

* Luvut ovat arvioita, joka perustuvat pestyihin kiloihin ja käytettyihin liuossuhteisiin.

KTV:n jätevesistä tutkittiin viisi näytettä. Näytteet olivat pesuohjelmista 1, 3 ja 12. Ohjelmat 1 ja 12 ovat tyypillisiä erittäin likaisen KTV:n pesuohjelmia ja niistä otettiin kaksi näytettä. Mittaustulokset on esitetty liitteessä 9. Jätevesistä mitattuja kiintoainepitoisuuksia on esitetty kuvassa 16. Taulukossa 15 on esitetty Henkel-Ecolab:in suorittamat mittaukset erittäin likaisten työvaatteiden jätevesistä /22/.

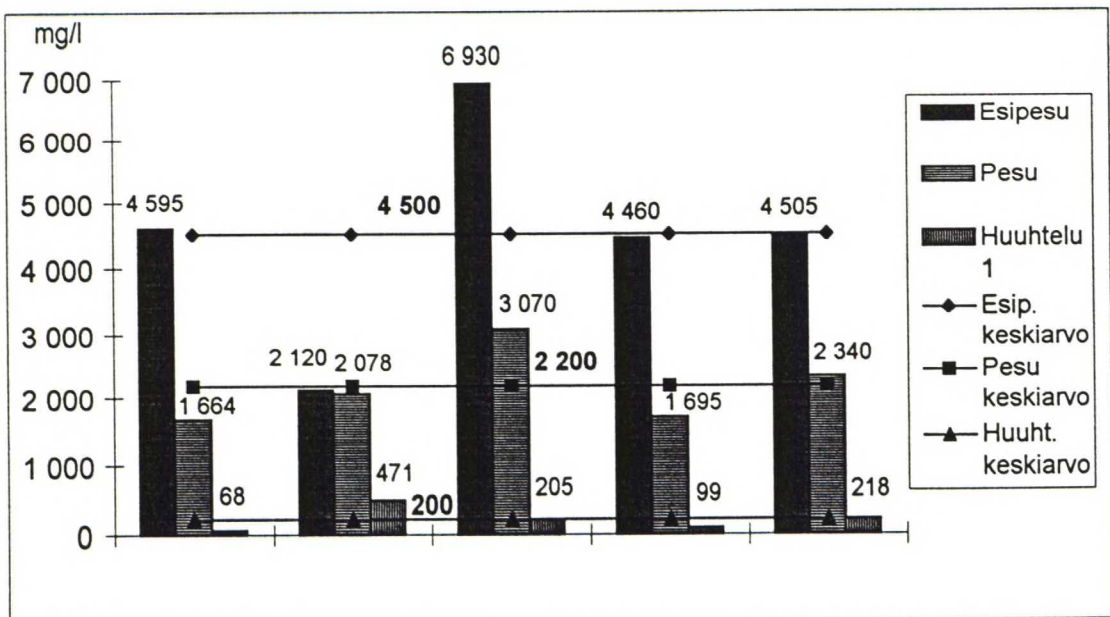
Taulukko 15. Erittäin likaisten työvaatteiden pesusta mitattuja pitoisuuksia /22/.

	COD mg/l	HC mg/l	Fe mg/l	Cd mg/l	Cu mg/l	Ni mg/l	Pb mg/l	Cr mg/l
Esipesu	5 905	200	80	0,2	65	3	3	2
Pesu	2 442	130	18	0,1	32	1	1	0,7
Cool down	1 503	60	13	< 0,1	26	1	1	0,5
1. huuhtelu	1 360	80	13	< 0,1	27	1	0,4	0,4
2. huuhtelu	473	30	8	< 0,1	17	3	0,5	0,3
3. huuhtelu	300	8	4	< 0,1	5	0,2	< 0,1	0,1
loppulinkous	228	5	0,5	< 0,1	1	< 0,1	< 0,1	< 0,1



Kuva 16. Kevyentyövaatteen jätevesistä mitattuja kiintoainepitoisuuksia sekä niiden keskiarvot.

Jätevesien lika-ainepitoisuudet pienevät selvästi pesun edetessä. Suurin osa liasta irtoaa pyykistä jo esipesussa. Myös varsinaisen pesun jätevedet sisältävät vielä melko runsaasti haitta-aineita, mutta ensimmäisen huuhtelun haitta-ainepitoisuudet ovat jo samaa luokkaa tai pienempiä kuin rullapyyhkeiden ensimmäisessä huuhteluvudessa. Kuvassa 17 on esitetty KTV:n jätevesistä mitattuja COD_{Cr} -pitoisuuksia.



Kuva 17. Kevyentyövaatteen jätevesistä mitattut COD_{Cr} -pitoisuudet sekä pitoisuuksien keskiarvot.

Mitattujen COD_{Cr} -pitoisuuksien keskiarvot ovat samaa luokkaa kuin taulukossa 15 esitetyt mittaustulokset. Suurin ero on huuhteluiden pitoisuuksissa. Pesulan 2 kevyentyövaatteen

ensimmäisten huuhteluiden COD_{Cr} :n keskiarvoksi saatiin 200, kun se Henkel-Ecolb:in mittauksissa oli vielä loppulinkouksessa yli 220.

KTV:n pesuista kerättiin kokoomanäyte, mistä analysoitiin raskasmetallit. Tutkitut metallipitoisuudet on esitetty taulukossa 10 ja ne olivat selvästi koko pesulan pienimmät. Pitoisuudet ovat myös selvästi pienemmät kuin taulukossa 15 esitetyt mittauspitoisuudet. Myös mineraaliöljy sekä öljy ja rasva pitoisuudet olivat alhaisia. Ne on esitetty taulukossa 11.

10.1.5 Raskas työvaate

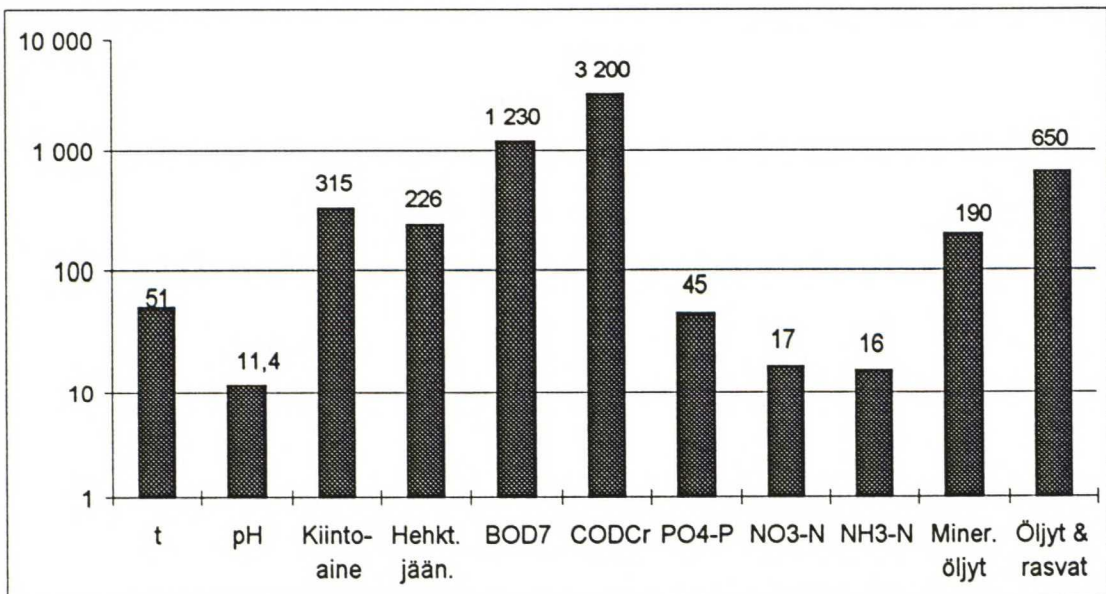
Raskas työvaate pestään jatkuvatoimisessa pesuputkessa. Putkessa käytetään puhdasta vettä. Pesuputken lopussa tapahtuvaan huuhteluun käytetään puhdasta vettä. RTV:n jätevedet ohjataan lämmönvaihtimen kautta kunnanviemäriin. RTV-putkessa käytetään vain yhtä pesuohjelmaa. Taulukossa 16 on esitetty RTV-pesuputken kulutusarvoja.

Taulukko 16. Raskaan työvaatteen pesuputken kulutusarvojen kuukausikeskiarvot vuonna -95.

Pestyt tekstiilit	Käyttövesi	Pesukemikaalit	Pesukemikaali-annostus	Pesukemikaaleja jätevedessä
54 756 kg/kk	763 m ³ /kk	2 296 kg/kk	42,4 g/kg	3,0 g/dm ³

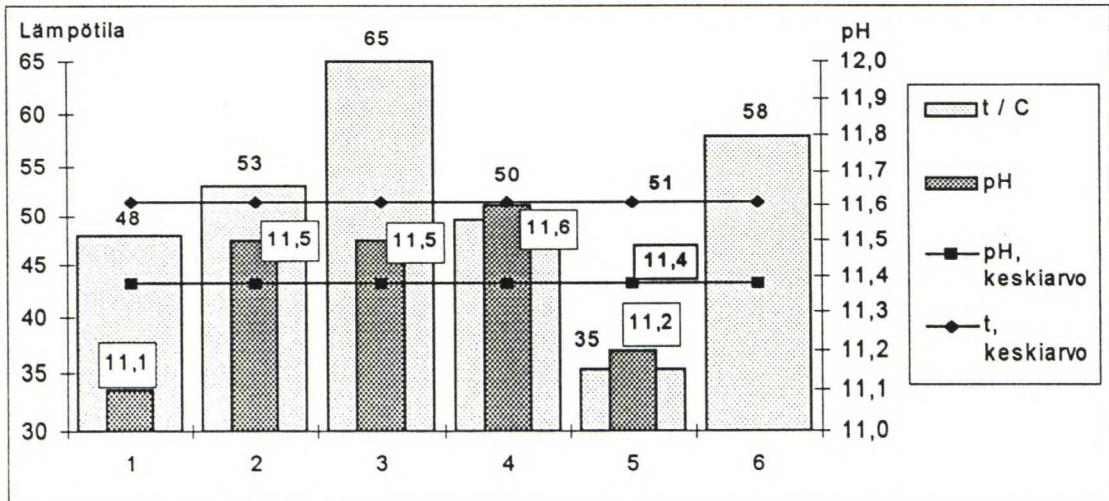
Pesukemikaaleiksi on laskettu kaikki pesussa käytetyt aineet. Mittaustulokset RTV-putken jätevesistä on esitetty liitteessä 10.

Kuvassa 18 on esitetty RTV:n pesuputken jätevestä mitattuja haitta-aine pitoisuuksien keskiarvot.



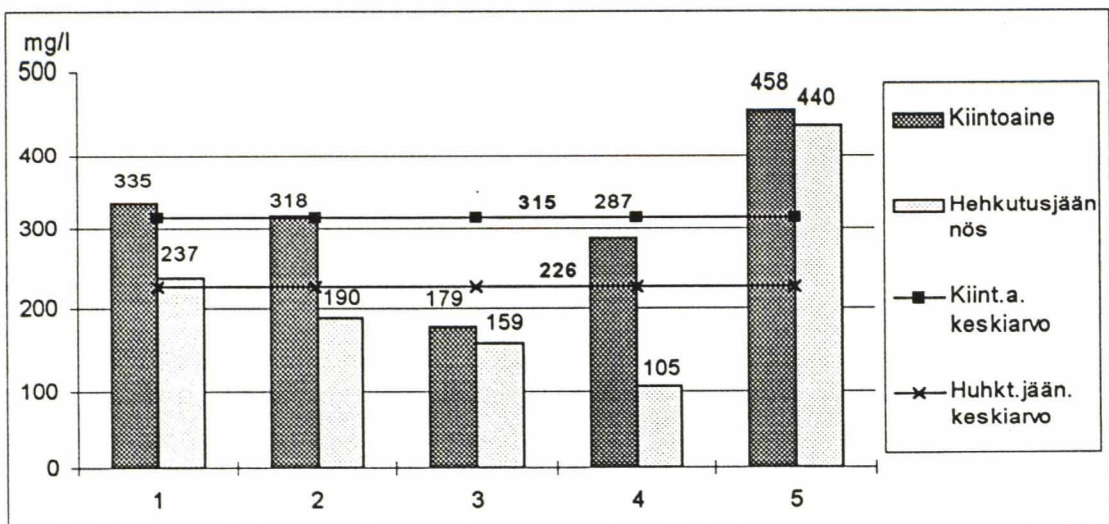
Kuva 18. Raskaantyövaatteen pesuputken jätevesistä mitattujen haitta-aineiden keskiarvot.

Raskan työvaatteen jätevedet olivat laadultaan vain vähän tasaisempia kuin rullapyyhkeiden jätevedet. Yllättävän suurta oli RTV-putken jätevesien lämpötilojen vaihtelut. Vaihtelu oli suurempaa kuin kunnan viemärin liittymässä. Matalimpaan lämpötilaan, 35 °C, on luultavasti tullut pesuputken päässä olevan puristimen poistovettä, minkä lämpötila on alhaisempi kuin varsinaisten pesuvesien lämpötila. Kuvassa 19 on esitetty RTV-putken jätevedestä mitatut lämpötilat ja pH:t sekä niiden keskiarvot.



Kuva 19. Raskaantyövaatteen pesuputken jätevedestä mitatut lämpötilat ja pH:t sekä niiden keskiarvot.

Pesulan 2 lajitelmista RTV:n jätevedet ovat kaikkein likaisimpia. Suurin ero muihin lajitelmiin nähden on kiintoainepitoisuus ja hehkutusjäännös. Tämä selittyy pyykin likaisuudella. Etenkin suuri hehkutusjäännöksen osuus kiintoainepitoisuudesta, n. 70 %, viittaa siihen, että tekstiilien mukana tulee runsaasti epäorgaanista likaa. Kuvassa 20 on esitetty RTV:n jätevesistä mitatut kiintoaine- ja hehkutusjäännöspitoisuudet sekä niiden keskiarvot.



Kuva 20. Raskaantyövaatteen pesuputken jätevedestä mitatut kiintoaine- ja hehkutusjäännöspitoisuudet sekä niiden keskiarvot.

RTV-putken jätevesistä mitatut CODCr-pitoisuudet olivat suhteellisen tasaisia. Mittausten keskiarvo oli 3 200 mg/l ja keskihajonta oli 54.

10.1.6 Teollisuuspyyhkeet

Pesulassa 3 pestään teollisuuspyyhkeitä eli vippereitä kahdessa 200 kg:n yksikkökoneessa. Toisessa koneessa pestään kirjapainoissa käytettyjä teollisuuspyyhkeitä ja toisessa koneessa verstailla, korjaamoilla yms. käytettyjä teollisuuspyyhkeitä. Erilaisia pesuohjelmia on käytössä neljä kappaletta: kirjapaino, verstaas ja uusille vippereille sekä uusintapesulle. Lähes kaikki vesi on kierrätysvettä rullapyyhkeiden pesuista. Puhtaaseen veteen joudutaan turvautumaan ainoastaan silloin, kun kierrätysvettä ei ole saatavilla. Vuonna -95 puhdasta vettä käytettiin keskimäärin 33,7 m³/kk. Tämä on 3,4 % pesulan 3 käyttämästä vesi määrästä ja 0,7 % kummankin pesulan käyttämästä puhtaasta vedestä. Taulukossa 17 on esitetty teollisuuspyyhkeiden pestyjen kiloien ja kulutusarvojen keskiarvot vuodelta -95.

Taulukko 17. Teollisuuspyyhkeiden pestyt kilot ja kulutusarvojen keskiarvot vuodelta -95.

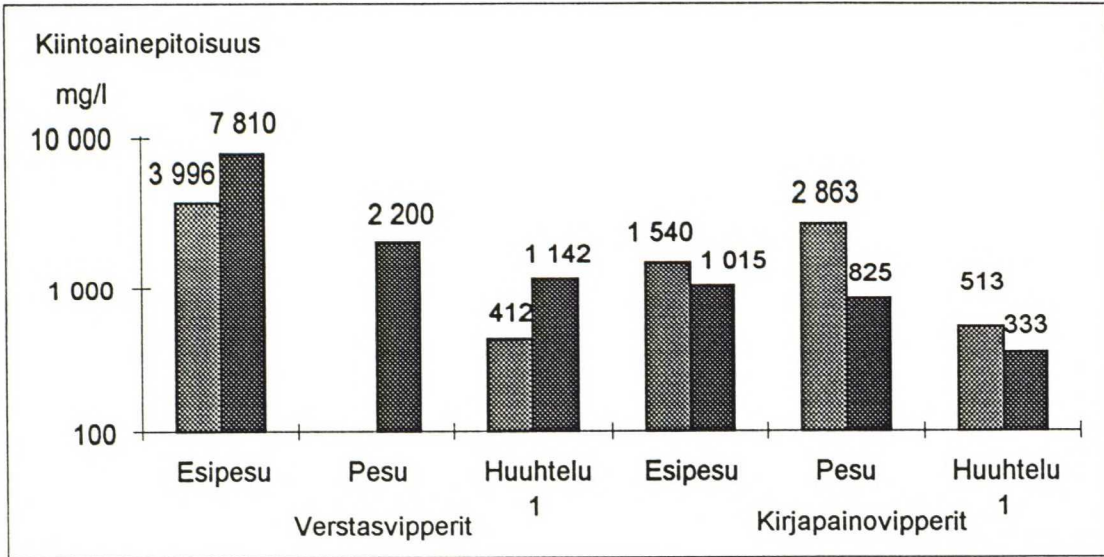
Pestyt tekstiilit	Käyttövesi	Pesukemikaalit	Pesukemikaali-annostus	Pesukemikaaleja pesujen jätevesissä
50 059 kg/kk	1 020 m ³ /kk	2 529 kg/kk	50,5 g/kg	7,4 * g/dm ³

* Luku on arvio, joka perustuu pestyihin kiloihin ja käytettyihin liuossuhteisiin.

Teollisuuspyyhkeiden esipesujen ja pesujen vedet ohjataan flotaatiolaitteistoon. Huuhteluvedet menevät suoraan kunnan viemäriin. Jätevesistä ei oteta lämpöä talteen. Vedenkulutuksen jakaantumisesta eri vaiheiden välille ei ole olemassa mitattuja arvoja. Liitteen 4 laskelmien perusteella verstaasvipperit kuluttavat kuukaudessa vettä 584 m³ ja kirjapainovipperit 426 m³. Jäteveden määrä jakautuu laskennallisesti 352 m³/kk flotaatioon ja 668 m³/kk kunnan viemäriin.

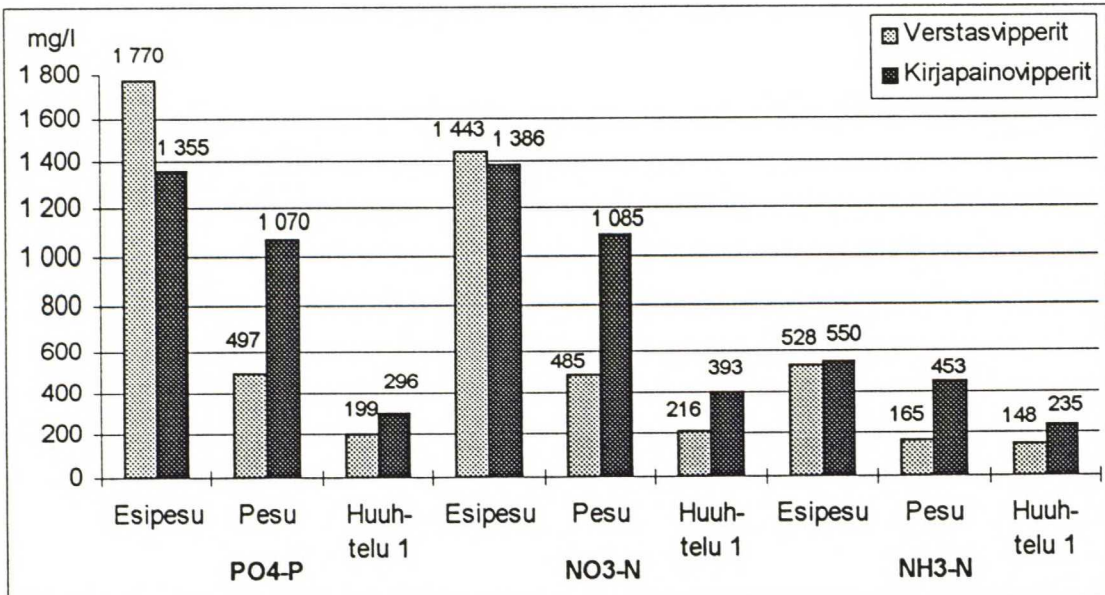
Liitteen 4 laskelmissa on vipperien oletettu jakaantuvan seuraavast : 2/3 verstaasvipperit ja 1/3 kirjapainovipperit. Uusien vipperien pesuja ei ole huomioitu. Heitto keskimääräiseen kulutukseen on 10 m³/kk eli 1 %.

Verstaas- ja kirjapainovippereiden jätevedet eroavat jonkin verran toisistaan. Yhteisenä piirteenä on molempien huomattavan suuri lika-aine pitoisuus. Kuvassa 21 on esitetty teollisuuspyyhkeiden kiintoainepitoisuuksia. Mittaustulokset verstaasvipperien jätevesistä on esitetty liitteessä 11 ja kirjapainovippereiden jätevestä liitteessä 12.



Kuva 21. Teollisuuspyyhkeiden jätevesistä mitattuja kiintoainepitoisuuksia.

Tuloksista kiinnittää huomiota jätevesien erittäin suuri kiintoainepitoisuus. Vaikka mitatut pitoisuudet pienenevätkin pesun edetessä niin silti, ensimmäisen huuhtelun poistovedessä on kiintoainetta vielä runsaasti. Tämä vesi menee suoraan kunnan viemäriin. Myös jätevesien kiintoaineen hehkutusjännös samoin kuin metallipitoisuudet ovat suuria. Kirjapainovipperien kiintoainepitoisuus on pienempi kuin verstaavipperien jätevesissä, mutta silti huomattavasti suurempi kuin pesulan 2 likaisimman jäteveden, RTV:n, kiintoainepitoisuus. Kuvassa 22 on esitetty teollisuuspyyhkeiden jätevesistä mitattujen fosfori- ja typpiyhdisteiden keskiarvot.



Kuva 22. Teollisuuspyyhkeiden jätevesistä mitattujen fosfori- ja typpiyhdisteiden keskiarvot.

Erittäin korkeille ravinnepitoisuuksille on syytä kiinnittää huomiota teollisuuspyyhkeiden pesuissa käytetty suuri pesukemikaaliannostus. Myös likaisten vipperien mukana saattaa tulla ravinteita

jätevesiin; esim. liitteen 13 mittauksissa on havaittu fosforihapon tributyyliesteriä n. 1 700 mg/l.

Jätevesien metallipitoisuuksista suurimmat arvot olivat miltei poikkeuksetta verstasvipperien pesujen jätevesissä. Ainoastaan Cd ja Cu pitoisuudet olivat suurempia kirjapainovipperien pesujen jätevesissä. Myös ensimmäisten huuhtelujen poistovesien metallipitoisuudet olivat vielä korkeita. Mitatut pitoisuudet olivat kuparia lukuunottamatta suuremmat kuin muiden lajitelmiä jätevesistä mitatut metallipitoisuudet.

Mineraaliöljyt sekä öljyt ja rasvat määritettiin kokoomanäytteistä. Näytteet kerättiin molempien teollisuuspyykeiden pesuista ja huuhteluista. Pesujen ja ensimmäisten huuhteluiden näytteet yhdistettiin ja niistä suoritettiin analysoinnit. Vipperien pesuvesien mineraaliöljy- sekä öljy- ja rasvapitoisuudet ovat huomattavan korkeita. Pesuvesistä analysoituja yhdisteitä sekä niiden pitoisuuksia on esitetty liitteessä 13 /41/. Nämä jätevedet menevät flotaatiolaitteistoon joka poistaa mineraaliöljyt sekä öljyt ja rasvat n. 98 %:sesti. Myös ensimmäisten huuhteluiden pitoisuudet ovat vielä yli 20 kertaa korkeammat kuin RTV:n jätevesistä mitatut mineraaliöljy- sekä öljy- ja rasvapitoisuudet.

10.1.7 Koko pesula

Koko pesulalla tarkoitetaan tässä samassa rakennuksessa toimivien pesula 2:n ja 3:n yhteistä jätevesikuormitusta yleiseen viemäriverkkoon. Pesuloiden jätevedet sekoittuvat viemärin liityntäkohdassa, mistä tutkitut näytteet kerättiin. Taulukossa 18 on esitetty koko pesulaa koskevat kulutusarvot.

Taulukko 18. Koko pesulan vedenkulutus ja pestyt tekstiili määrät sekä pesukemikaalien kulutukset vuosina 1990-95.

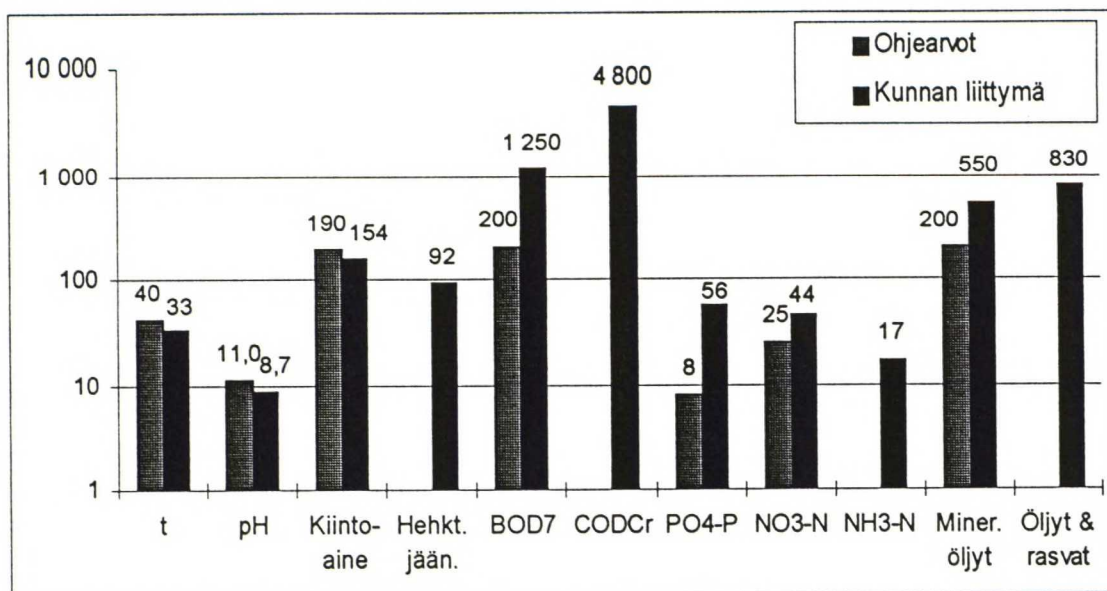
Vuosi	Vedenkulutus, m ³	Pestyt kilot, kg	Ominaiskulutus dm ³ /kg	Pesukemikaaleja kg	Kemik.annostus, g/kg
1990	123 192	6 788 326	18,15		
1991	113 713	6 281 600	18,10		
1992	104 669	5 717 800	18,31		
1993	78 804	4 692 300	16,79	187 810	40,0
1994	68 043	4 525 580	15,04	172 330	38,1
1995	60 538	4 451 304	13,60	134 024	31,8

Pesuloissa 2 ja 3 pestiin eniten pyykkiä 90:täluvulla vuonna -90. Tämän jälkeen vuodessa pestyn pyykin määrä on pienentynyt. Samalla on pienentynyt myös vedenkulutus, mutta se on pienentynyt enemmän kuin pyykin määrä sillä veden ominaiskulutus on pienentynyt 18,31:stä 13,60 dm³/kg tekstiiliä. Koko pesulan vedenkulutus on pienempi kuin eri lajitelmiä yhteenlaskettu vedenkulutus. Tämä johtuu veden kierrätyksestä eri pesujen välillä. Pesukemikaaleja

on kunnan viemäriin menevässä jätevedessä laskennallisesti $2,11 \text{ g/dm}^3$ ja keskimääräinen annostus on $31,88 \text{ g}$ pesukemikaalia tekstiilikiloa kohden.

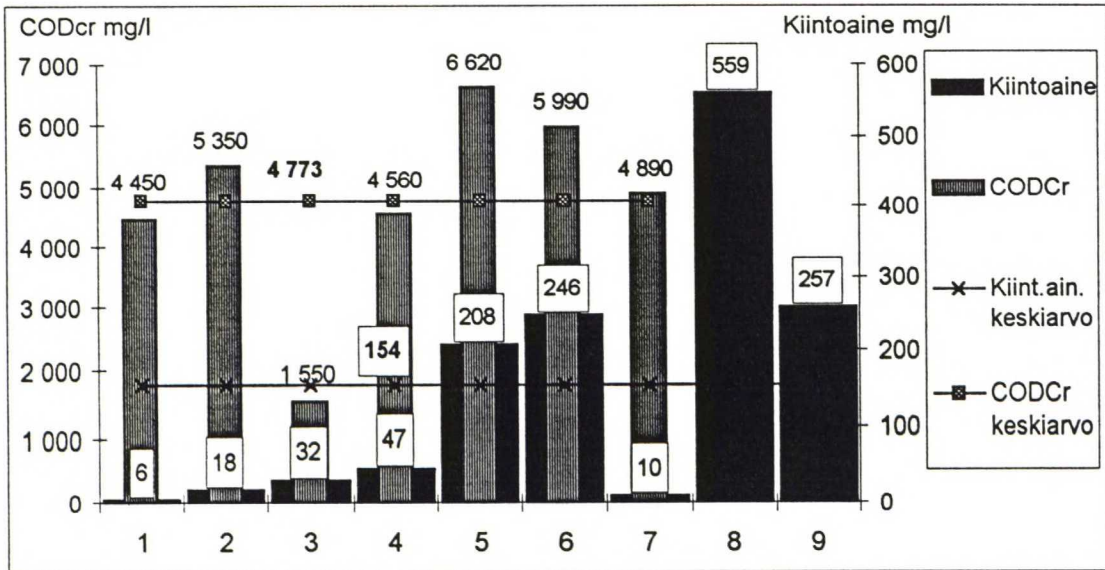
Taulukossa 18 vedenkulutus on pesuihin käytetyn pehmennetyn veden kulutus. Vuonna -95 pusuloiden 2 ja 3 raakaveden kokonaiskulutus oli $66\,355 \text{ m}^3$. Tästä saniteettiveden osuus oli keskimäärin $4,2 \text{ \%}$:a. Pehmennetyn veden kokonain määrä oli $63\,583 \text{ m}^3$, mistä kattilaveden osuus oli keskimäärin $4,8 \text{ \%}$:a.

Kuvassa 23 on esitetty kunnanviemärin liittymästä kerätystä näytteistä analysoidut haitta-aineet. Näytteet kerättiin eri päivinä satunnaiseen kellonaikaan. Kunnanviemäriin menevästä jätevedestä suoritettut mittaustulokset on esitetty liitteessä 14.



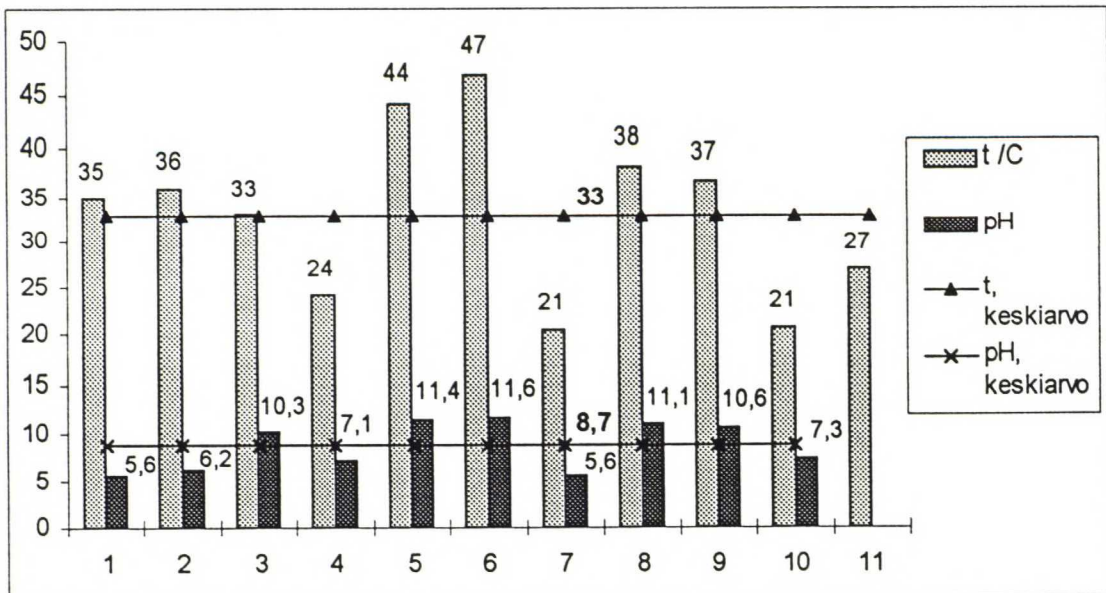
Kuva 23. Kunnanviemärin liittymästä mitattujen haitta-aineiden pitoisuuksien keskiarvot sekä pitoisuuksien ohjearvot. Fosfaatti-fosforille merkitty ohjearvo tarkoittaa kokonaisfosforia samoin kuin $\text{NO}_3\text{-N}$ ohjearvo tarkoittaa kokonaistyyppipitoisuutta. Mineraaliöljyjen ohjearvo tarkoittaa hiilivetyjen kokonaispitoisuutta.

Tutkittujen ominaisuuksien vaihtelut olivat suuria. Suurimmat hajonnat mittaustuloksissa olivat COD_{Cr} ja kiintoainepitoisuuden osalta. Kuvassa 24 on esitetty kiintoainepitoisuuksien ja COD_{Cr} :n mittaustulokset sekä niiden keskiarvot..



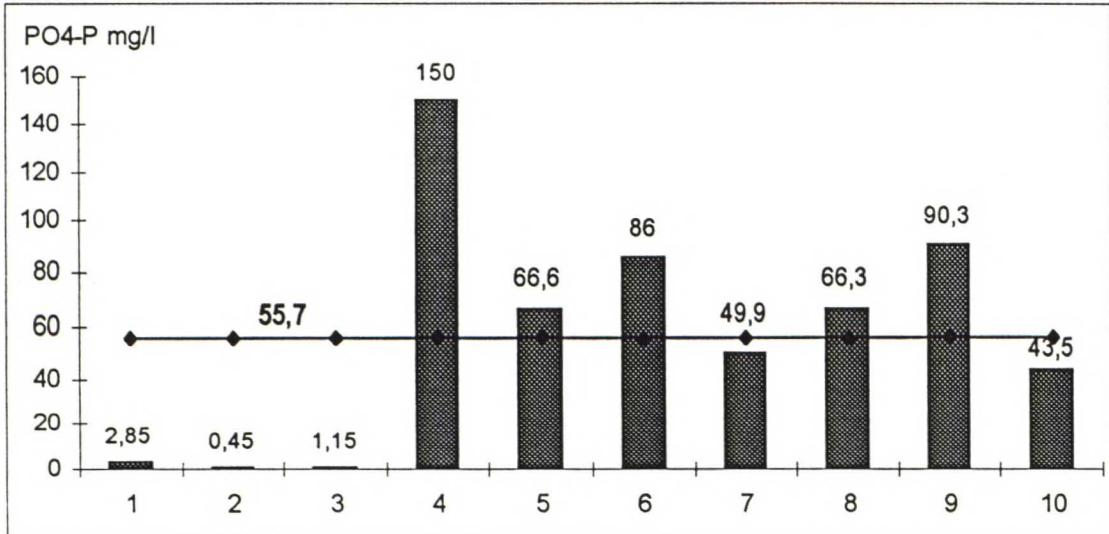
Kuva 24. Kunnanviemäriin menevästä jätevedestä mitatut kiintoaine- ja COD_{Cr}-pitoisuudet sekä niiden keskiarvot.

Kuvassa 25 on esitetty koko pesulan kunnanviemäriin laskemasta jätevedestä mitatut lämpötilat ja pH:t sekä näiden keskiarvot.



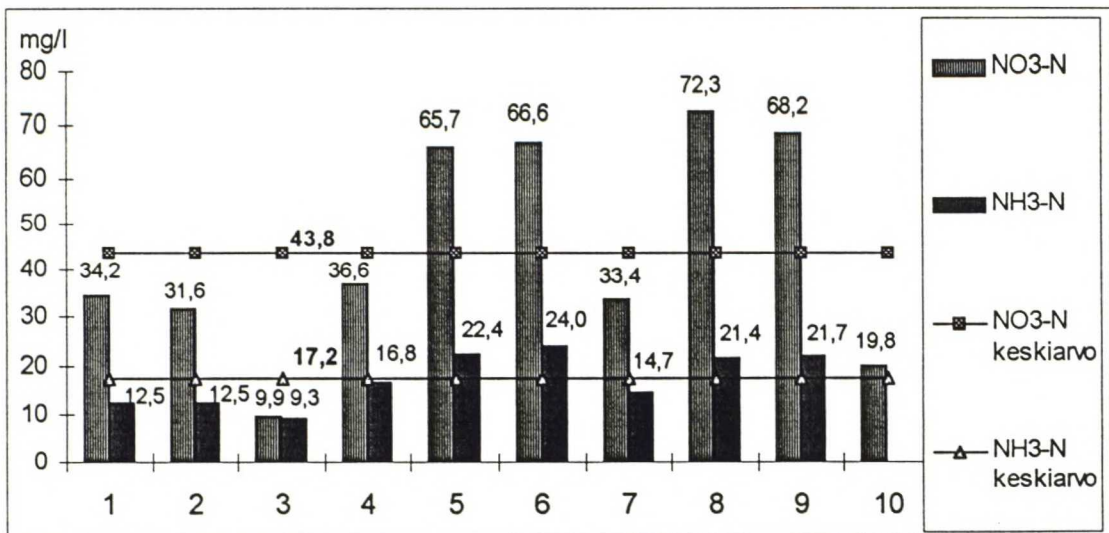
Kuva 25. Kunnanviemäriin menevästä jätevedestä mitatut lämpötilat ja pH:t sekä niiden keskiarvot.

Kuvassa 26 on esitetty kunnanviemäriin menevästä jätevedestä mitatut fosfaattifosforipitoisuudet sekä pitoisuuden keskiarvo.



Kuva 26. Kunnanviemäriin menevästä jätevedestä mitatut fosfaattifosforipitoisuudet sekä pitoisuuden keskiarvo

Kuvassa 27 on esitetty mitatut $\text{NO}_3\text{-N}$ ja $\text{NH}_3\text{-N}$ pitoisuudet ja niiden keskiarvot.



Kuva 27. Kunnanviemäriin menevästä jätevedestä mitatut nitraatti- ja ammoniumtyyppipitoisuudet sekä niiden keskiarvot.

Metallipitoisuudet samoin kuin mineraaliöljy- sekä öljy- ja rasvapitoisuudet määritettiin kokoomanäytteistä, joten niiden vaihteluista ei ole tarkempaa tietoa. Metallipitoisuuksista Cd, Cr ja Zn ylittävät ympäristöministeriön työryhmän ehdotuksen /42/ arvot yleiseen viemäriin johdettavien jätevesien laatuvaatimuksista. Myös mineraaliöljypitoisuus on suurempi kuin työryhmän esityksessä mainittu arvo.

Suurimmat kuormitushuiput tulevat teollisuuspyykeiden ensimmäisten huuhteluiden jätevesistä. Etenkin kiintoaine, mineraaliöljy sekä öljy ja rasvapitoisuus on huomattavan suuri vielä vipperien ensimmäisen huuhtelun jätevedessä.

10.2 Puhdistusmenetelmien vertailu

10.2.1 Flotaatio

Pesulassa 3 on käytössä flotaatio. Flotaatioon ohjataan teollisuuspyyhkeiden esipesuista ja pesuista tulevat jätevedet. Jätevedet ohjataan ensin tasausaltaaseen ja tämän jälkeen esipuhdistimena toimivan nukanerotuksen kautta varsinaiseen flotaatiolaitteistoon. Tasausaltaan koko on 15 m³ ja tämä vastaa noin viiden koneellisen esipesu- ja pesuvesiä. Flotaation erottama "jäteöljy" on ongelmajätettä ja sitä muodostuu n. 20 tonnia kuukaudessa /43/. Esipuhdistimelle sekä flotaatioon tulevan ja poistuvan jäteveden haitta-ainepitoisuuksien keskiarvot on esitetty taulukossa 19. Mittaustulokset on esitetty liitteessä 15.

Taulukko 19. Esipuhdistimelle sekä flotaatioon tulevan ja flotaatiosta poistuvan jäteveden haitta-ainepitoisuuksia.

	pH	Kiintoaine mg/l	Hehk.jään. mg/l	BOD ₇ mg/l	COD _{Cr} mg/l	PO ₄ -P mg/l	NO ₃ -N mg/l	NH ₃ -N mg/l
Esipuhdistin sis.	10,2	2 478	507					
Flotaatio sisään	10,5	1 219	320	31 320		1 931	858	413
Flotaatio ulos	3,9	21	13	28 850	21 500	80	35	29

Esipuhdistimena toimiva täryseula poistaa jäteveden sisältämästä kiintoaineesta n. 50 %. Vipperiin pesuvedet sisältävät runsaasti kiintoainetta ja tämän takia joudutaan tasausallas tyhjentämään sinne kerääntyneestä kiintoaineesta vähintään kerran vuodessa. Tasausaltaaseen kerääntyvä kiintoaine vaikuttaa altaan tyhjennyspumpun toimintaan. Pumpua joudutaan tarkkailemaan ja säätämään käsin sen tehokkuutta, jotta jätevesi saadaan ohjattua prosessissa eteenpäin. Taulukossa 20 on esitetty flotaatiolaitteistoon tulevasta ja poistuvasta jätevedestä mitattuja metalli-, mineraaliöljy- sekä öljy ja rasvapitoisuuksia.

Taulukko 20. Flotaatiolaitteistoon tulevasta ja poistuvasta jätevedestä mitattuja metalli-, mineraaliöljy- sekä öljy ja rasvapitoisuuksia

mg/l	Fe	Cd	Cu	Ni	Pb	Cr	Zn	Mineraali öljyt	Öljyt ja rasvat
Flotaatio, sisään	48,0	0,090	10,950	0,324	10,270	0,432	17,00	13 000	14 000
Flotaatio, ulos	25,0	0,101	6,190	0,759	0,139	0,212	14,30	150	220

Flotaatio erottaa jätevedestä tehokkaasti mineraaliöljyt sekä öljyt ja rasvat, yli 98 %:sesti. Myös kiintoaineen osalta päästään samaan erotusprosenttiin. Metallien osalta erotus on vaihtelevaa. Joillain metalleilla tulokset osoittavat suurempaa pitoisuutta poistovedessä kuin sisääntulevassa jätevedessä. Tällöin lienee kyseessä pitoisuuksien vaihtelun aiheuttama tulos. Myös osa metalleista, Ni, saattaa rikastua flotaation dispersioveden kiertoon, jolloin pitoisuus on suurempi kuin tulevassa vedessä.

Flotaation teho jäteveden hapenkulutuksien pienentämisen suhteen on heikko. Kunnanviemäriin menevästä BHK₇ ja COD_{Cr} kuormituksista tulee flotaation poistovedestä laskennallisesti n. 40 %.

Flotaatiossa tapahtuvan pH:n säädön jälkeen poistuvan jäteveden pH on n. 3,9. Yleensä pesuloiden jätevedet ovat emäksisiä, joten tämä neutralisoi kunnanviemäriin menevää jätevettä.

10.2.2 Ultrasuodatus

Teollisuuspesulassa toimivaan ultrasuodatus (UF) jätevedenpuhdistusmenetelmään tutustuttiin Waschanstalt Zürich:n työvaatepesulassa Sveitsissä. Pesula pesee työvaatteita, lähinnä raskaita, n. 2000 kg päivässä kolmella 100 kg:n yksikkökoneella. Veden ominaiskulutus on vain 8,5 dm³/kg tekstiiliä /44/. Tämä perustuu veden tehokkaaseen koneiden sisäiseen kierrätykseen ja matalaan pesutasoon. Veden kierrätystä varten on pesukoneisiin sisäänrakennettu varastotankit, joiden kautta vettä kierrätetään.

UF-laitteistoon ohjataan pesuvedet. Huuhteluvedet ohjataan pH:n säädön kautta kunnalliseen viemäriin. Ennen UF-laitteistoa jätevedet ohjataan esipuhdistimena toimivaan "paperiviira"-suodattimeen. Paperiviiran erotuskoko on 200 µm, ja se poistaa lähinnä jätevesien sisältämää nukkaa /45/. UF-laitteistoon tulevan jäteveden ja siitä poistuvan permeaatin sisältämiä haitta-ainepitoisuuksia on esitetty taulukossa 21. Tulevan jäteveden pitoisuudet on mitattu ennen esipuhdistinta.

Taulukko 21. UF-laitteiston esipuhdistimelle tulevia ja UF:n permeaatin sisältämiä haitta-ainepitoisuuksia.

	pH	Kiintoaine, mg/l	COD _{Cr} mg/l	P-tot mg/l	N-tot mg/l	NO ₃ -N mg/l	NH ₃ -N mg/l	Miner. ölj., mg/l	Ölj. & rasv., mg/l
Tuleva jätevesi	11,6	440	7 570	2	50	2	4	280	880
UF:n permeaatti	8,9	80	1 500	1,6	45	< 0,2	4,5	3,4	350

Suurimmat eroavaisuudet jätevesien laadussa verrattuna pesuloiden 2 ja 3 jätevesiin on fosfori- ja typpiyhdisteiden määrässä. Luultavasti tämä johtuu käytetyistä pesuaineista ja niiden sisältämistä ravinteista. Myös vaatteissa olevan lian laadulla on merkitystä ja se on ilmeisesti osasyynä ko. vaihteluun. Taulukossa 22 on esitetty UF-laitteiston jätevesistä mitattuja metallipitoisuuksia.

Taulukko 22. UF-laitteiston jätevesistä mitattuja metallipitoisuuksia. Tulevan jäteveden pitoisuudet ovat ennen esipuhdistinta.

mg/l	Fe	Cd	Cu	Ni	Pb	Cr	Zn
Tuleva jätevesi	7,60	0,0054	2,80	0,25	0,31	0,22	7,71
UF:n permeaatti	0,50	0,0046	1,15	0,17	0,19	0,17	2,81
UF:n konsentraatti	253,0	0,0245	7,20	3,00	1,80	1,90	80,4

Laitteistoon tulevan jäteveden pitoisuudet ovat samansuuntaisia kuin pesulasta 2 mitatut RTV:n jäteveden pitoisuudet kiintoaineen, COD_{Cr}:n, mineraaliöljyjen sekä öljyjen ja rasvojen osalta. Arvot ovat tosin hieman suurempia kuin pesulasta 2 mitatut pitoisuudet, mutta pesulassa 2 on käytössä jatkuvatoiminen putkipesukone jonka jätevesiin sekoittuvat myös huuhteluvedet. Tämä aiheuttaa pesulan 2 RTV:n jätevesien pitoisuuksien laimenemista.

10.2.3 Elektroflotaatio

Pesuloista 2 ja 3 lähetettiin jätevesinäytteet Ruotsiin OY Renaren AB puhdistettavaksi. Näytteet olivat 400 l raskaan työvaatteen jätevettä ja 400 l teollisuuspyyhkeiden pesujen jätevettä. Jätevesien puhdistamisen suurin ongelma oli jätevesien korkea tensidi pitoisuus /46/. Tämän takia pilot-laitteiston kapasiteetti pieneni oleellisesti ja puhdistettua jätevettä muodostui vain nimeksi.

Tämä havainto tuki Henkel-Ecolab:in /22/ tekemiä tutkimuksia.

10.2.4 Bioreaktori

Teollisuuspyyhkeiden pesujen jätevesien puhdistamisesta mikrobiologisesti tutki Juvegroup Oy laboratorio-mittakaavan kokeilla /41/. Kokeet suoritettiin sekä flotaation erottamalla "jäteöljyllä" että vipperien pesujen jätevedellä.

Laboratorio bioreaktorin koko oli 30 l ja siihen syötettiin laimentamatonta vipperien pesujen jätevettä. Mikrobikanta oli raakaöljystä eristetty sekaviljelmä, joka kasvoi diesel öljyllä. Kantaa oli kasvatettu laboratoriomittakaavan kokeissa vipperijätevesille sopivaksi.

Kun laboratorio-bioreaktori saavutti tasapainon, noin 2 viikon ajon jälkeen, reaktorista ulostulevasta vedestä määritettiin raskasmetallipitoisuuksia ja öljyperäisetyhdisteet. Ulostuloveden öljyperäisten yhdisteiden ja detergenttien pitoisuus oli n. 10 µg/dm³. Taulukossa 23 on esitetty reaktoriin sisääntulevan ja poistoveden analysoidet metallipitoisuudet sekä arviot biomassaan kertyvien metallien pitoisuuksista. Lisäksi taulukossa on SAMASE ohje-arvot, joiden perusteella luokitellaan saastuneen maan kaatopaikkakelpoisuus.

Taulukko 23. Laboratorio-mittakaavaisen bioreaktorin tulo- ja poistoveden metallipitoisuuksia sekä arviot biomassaan kerääntyvistä metallipitoisuuksista puhdistettaessa teollisuuspyyhkeiden pesujen jätevesiä. Vertailuarvoina SAMASE ohje-arvot /41/.

	Fe	Cd	Cu	Ni	Pb	Cr	Zn
Sisääntuleva jätevesi (mg/dm ³)	48,00	0,090	10,95	0,324	10,27	0,432	17,00
Bioreaktorin poistovesi (mg/dm ³)	1,700	< 0,005	0,382	0,030	0,100	0,023	0,572
Metalli (mg) / biomassaa (kg)	10 000	20	2 300	70	2 100	90	3 400
SAMASE ohje-arvot (mg/kg)	-	1	50	40	100	5	150
SAMASE raja-arvot (mg/kg)	-	10	200	200	500	25	700

Vertaamalla sisääntulevan ja poistuva jäteveden metallipitoisuuksia huomataan, että laboratorio-mittakaavan bioreaktori poisti yli 90 % jäteveden sisältämistä raskasmetalleista. Arvioidut ylijäämälietteen metallipitoisuudet ylittävät sekä SAMASE ohjearvot että raja-arvot, joten ylijäämälietteen kaatopaikkakelpoisuus pitää varmistaa muilla keinoin. Mikäli ylijäämäliete luokitellaan ongelmajätteeksi, niin se pitää toimittaa Ekokemille aivan kuten flotaation erottama "jäteöljy". Ylijäämälietettä muodostuu arvioiden mukaan vähemmän kuin nykyisin Ekokemille toimitettavaa ongelmajätettä.

Taulukossa 24 on esitetty bioreaktorin poistovedestä analysoidut kiintoaine, hapenkulutus sekä ravinnepitoisuudet.

Taulukko 24. Bioreaktorin poistovedestä analysoidut kiintoaine-, BOD₇-, COD_{Cr}-, ja ravinnepitoisuudet /41/.

	Kiintoaine mg/l	BOD ₇ mg/l	COD _{Cr} mg/l	P mg/l	NO ₃ -N mg/l	NH ₃ -N mg/l
Bioreaktorin jälkeen	< 5	< 1	43	140	3,4	0,13

Bioreaktorin bakteerit tarvitsevat toimiakseen happea. Tämä järjestetään pumppaamalla reaktoriin paineilmaa. Syöttöilmana voidaan käyttää vipperipuolen sisäilmaa, jolloin sen liuotinpitoisuuksia saadaan alennettua ja työpaikan hengitysilman laatua parannettua. Reaktori käsittelee öljyjätteen ja syöttöilman haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC), jolloin poistoilma sisältää hiilidioksidia ja vettä.

Menetelmän suurin etu olisi nykyisin ongelmajätelaitokselle vietävän flotaatiossa erotettavan "jäteöljyn"-määrän pieneminen. Menetelmässä aerobiset mikrobit puhdistaisivat jäteveden sen sisältämistä öljyperäisistä yhdisteistä. Tällöin säästöä syntyisi ongelmajättemaksujen pienentymisen myötä.

10.2.5 Haihdutus

Haihdutus menetelmän käytöstä teollisuuspesulan jäteveden puhdistamiseen ei tehty koeajoja. Menetelmän puitteissa oltiin yhteydessä Hadwaco Ltd Oy:hyn, joka valmistaa muovikalvo-haihduttimia. Haihduttimia on toiminnassa teurastamon jätevesien käsittelyssä sekä kokeita on tehty myös muualla; kaatopaikan suotovedet, sellutehdas, ym..

Kaatopaikavesien käsittelystä haihduttamalla ovat Ettala ja Rossi /47/ suorittaneet koeajoja neljän viikon ajalla kesällä -94. Puhdistettavan jäteveden pH alennettiin alle 4,0:n, jotta tyyppi jäisi ammoniumsuoloina konsentraattiin. Koeajojen mittaustuloksia ja puhdistustehokkuuksia on esitetty taulukossa 25.

Taulukko 25. Pilot-koeajojen puhdistustuloksia puhdistettaessa kaatopaikkavettä haihduttamalla /47/.

	Tuleva (mg/l)	Lauhde (mg/l)	Konsentraatti (mg/l)	Puhdistusteho (%)
pH	8,1	4,3	1,3	
Kloridi	240	0,80	1 800	99,7
Sulfaatti	15	6,2	37 000	
Kiintoaine	19	0,17	340	99,1
Kok. fosfori	0,17	0,0042	0,91	97,6
Kok. typpi	160	0,23	980	99,9
Ammoniumtyppi	160	0,080	940	99,9
COD _{Cr}	230	< 20	1 300	> 87,0
TOC	260	5,2	520	98,0
Haiht.rasvahapot	650	< 150	510	> 76,9

Puhdistettavan jäteveden pitoisuudet poikkeavat huomattavasti pesuloiden 2 ja 3 mitatuista pitoisuuksista. Kuitenkin puhdistustehokkuus on ollut hyvä. Taulukossa 7 on esitetty Henkel-Ecolab:in tekemien kokeiden tuloksia ja niissä puhdistettavan jäteveden pitoisuudet ovat olleet lähellä pesuloiden 2 ja 3 jätevettä. Puhdistustehokkuus on samaa luokkaa kuin Ettala ja Rossin tutkimuksissa.

Haihduttamalla saadaan jätevettä puhdistettua tehokkaasti. Ongelmajätteen syntymistä haihdutus ei poista vaan pikemminkin lisää syntyvän ongelmajätteen määrää. Haihdutus vaikuttaa tutkituista menetelmistä parhaimmalta veden kierrätystä ajatellen.

11 Tulosten tarkastelu

11.1 Pesulan jätevedet

Kunnan viemäriin menevän jätevesikuormituksen muodostumista pesuloissa 2 ja 3 voidaan laskea mittaustulosten avulla kun tiedetään eri pesuprosessien käyttämät vesimäärät. Kaikkien eri pesuprosessien käyttämiä todellisia vesimääriä ei ole tiedossa. Teoreettisia virtaamia voidaan laskea tiedettyjen liuossuhteiden ja pesukoneiden koon perusteella. Nämä laskelmat on esitetty liitteessä 4. Laskelmat on suoritettu vuoden -95 keskiarvojen pohjalta. Lisäksi laskelmat on suoritettu joulukuulta -95, jolloin hotellitekstiilien peseminen oli jo lopetettu pesulassa 2. Liitteessä 5 on esitetty liitteen 4 tulokset kaaviona vuoden -95 mitattujen vedenkulutusten ja laskennallisten kulutusten osalta. Liitteessä 16 on esitetty laskennallisiin vesimääriin ja mitattuihin pitoisuuksiin perustuvat laskelmat haitta-ainemääristä ja osuuksista eri lajitelmille. Taulukossa 26 on esitetty yhteenveto liitteen 4 eri lajitelmien keskimääräisistä vedenkulutuksista vuodelta 95.

Taulukko 26. Eri lajitelmiä vedenkulutuksien laskennalliset kuukausi keskiarvot vuonna -95.

	Hotelli	Rulla	KTV	RTV	Verstas- vipperit	Kirjapaino- vipperit	Koko pesula
Vedenkulutus, m ³ /kk	1 245	1 542	1 574	768	584	426	6 138
Puhdasvesi, m ³ /kk	1 245	1 330	1 118	768	0	0	4 460
Kierrätysvesi, m ³ /kk	0	212	457	0	584	426	1 678
Vesi viemäriin, m ³ /kk	1 207	455	897	751	566	419	4 295

Taulukosta huomataan että koko pesulan laskennallinen vedenkulutus olisi ilman nykyistä vedenkierrätystä 6 138 m³/kk. Nykyisin tarvittava vesimäärä on teoreettisesti 4 460 m³/kk. Tämä on 27 % vähemmän kuin ilman kierrätystä. Viemäriinmenevästä vesimäärästä on vähennetty tekstiilien jäännöskosteus. Sen on oletettu haihtuvan ilmaan tekstiilien kuivauksen yhteydessä.

Taulukossa 27 on esitetty yhteenveto osasta liitteen 16 laskelmista. Laskelmat perustuvat mitattuihin pitoisuuksiin, jotka on painotettu viemäriin menevällä virtaamalla. Virtaama laskelmat on suoritettu vuoden -95 keskiarvojen perusteella. Lisäksi liitteessä 16 on laskettu teoreettiset pitoisuudet eri haitta-aineille kun pesulan vedenkäyttöä muutetaan.

Taulukko 27. Koko pesulan jätevesikuormituksen muodostuminen. Eri jätevesijakeista mitatut pitoisuudet on painotettu viemäriin menevän jätevesi määrän suhteen.

	Kiintoaine Osuus		COD _{Cr} Osuus		PO ₄ -P Osuus		NO ₃ -N Osuus		NH ₃ -N Osuus	
	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%
Koko pesula	135		4 305		37		31		22	
Hotelli	8,7	6,5	135	3,1	1,6	4,4	0,6	1,8	0,6	2,5
Rullat	3,7	2,7	16	0,4	0,2	0,5	0,1	0,4	0,1	0,2
KTV	20,3	15,0	356	8,2	1,9	5,2	1,7	5,5	1,9	8,5
RTV	55,1	40,8	560	13,0	7,9	21,5	3,0	9,5	2,8	12,6
Pesula 2	87,8	65,1	1 066	24,8	11,6	31,7	5,4	17,1	5,3	24,0
Verstas. huuht	29,3	21,7	404	9,4	7,5	20,5	8,2	26,1	5,6	25,2
Kirjap. huuht.	16,2	12,0	1 172	27,2	11,3	30,9	15,1	48,1	9,0	40,7
Flot. ulos	1,6	1,2	1 662	38,6	6,2	16,9	2,7	8,7	2,2	10,1
Pesula 3	47,1	34,9	3 238	75,2	25,0	68,3	25,9	82,9	16,8	76,0

Taulukon 27 ja liitteen 16 laskelmissa on huomioitu vain viemäriin menevät vesimäärät. Huuhteluiden pitoisuuksien on oletettu laimenevan tasaisesti huuhtelukertojen myötä. Ensimmäisistä huuhteluista mitatut pitoisuudet on jaettu kahdella.

Kunnan viemäriin menevästä kiintoainepitoisuudesta tulee 65 % pesulasta 2 ja 35 % pesulasta 3. Suurin kuormitus tulee RTV:n pesuputken jätevesistä, 41 % koko kuormituksesta. Teollisuuspyyhkeiden ensimmäisten huuhteluiden suuret kiintoaine ja muut mitatut pitoisuudet aiheuttavat suuria pitoisuuksia hetkellisesti kunnan viemäriin menevässä jätevedessä. Kuormitushuiput ovat lyhytaikaisia, joten ne eivät aiheuta suurta kuormitusta pitkällä aikavälillä.

Kuormitushuippuja voitaisiin pienentää ohjaamalla myös ainakin ensimmäisten huuhteluiden jätevedet flotaatiolaitteistoon.

Hapenkulutuksien (BOD_7 ja COD_{Cr}) osalta suurin kuormitus pesuloiden 2 ja 3 jätevesiin tulee pesulan 3 vipperien jätevesistä. Pesulasta 2 mitatut suurimmat COD_{Cr} arvot tulevat KTV:n esipesusta, 4 500 mg/l, ja RTV-pesuputken jätevesistä, 3 200 mg/l. Pesulasta 3 tulevat COD_{Cr} pitoisuudet ovat yli kaksinkertaisia edellisiin arvoihin nähden : verstasvipperien 1. huuhtelu 10 700 mg/l, kirjapainovipperien 1. huuhtelu 30 600 mg/l ja flotaation poistovesi 21 500 mg/l. COD_{Cr} kuormitukset jakaantuvat laskennallisesti 25 % pesulalle 2 ja 75 % pesulalle 3. BOD_7 kuormituksen voidaan olettaa jakaantuvan samalla tavoin.

Jätevesien fosfori ja typpiyhdisteiden suurimmat pitoisuudet ja laskennalliset kuormitukset tulevat vipperien pesuista ja huuhteluista sekä RTV-pesuputken jätevesistä. Yhteisenä tekijänä näillä lajitelmilla on saman valmistajan pesukemikaalien käyttö. Lajitelmat ovat pesuloiden 2 ja 3 likaisimpia, joten niiden pesuissa käytetään suurempia pesukemikaaliannostuksia kuin muiden lajitelmien pesuissa. Myös pestävien tekstiilien mukana tuleva lika saattaa sisältää ravinteita.

Mineraaliöljyistä sekä öljyistä ja rasvoista suurimmat kunnan viemäriin menevät pitoisuudet mitattiin vipperien ensimmäisien huuhtelujen jätevesistä. Toiseksi korkeimmat arvot mitattiin RTV-putken jätevedestä. Laskennallisesti mineraaliöljykuormituksesta tulee 10 % pesulasta 2 ja 90 % pesulasta 3. Öljy ja rasvapitoisuuksista tulee 31 % pesulasta 2 ja 69 % pesulasta 3. Pesulasta 3 suurin kuormitus kunnan viemäriin menevistä mineraaliöljy sekä öljy ja rasva pitoisuuksista tulee vipperien huuhteluista. Kuormitusta voitaisiin pienentää huomattavasti ohjaamalla myös vipperien huuteluvedet flotaatiolaitteistoon.

Metallipitoisuuksista suurimmat arvot mitattiin vipperien pesuvesistä. Pitoisuudet olivat huomattavasti suurempia kuin RTV-putken jätevedestä mitatut pitoisuudet. KTV:n pesuista mitatut metallipitoisuudet olivat selvästi pienimmät suoritetuista mittauksista. Laskennallisesti kunnan viemäriin menevästä kuormituksesta tulee suurin osa pesulasta 3. Ainoastaan nikkelin osalta suurin kuormitus tulee pesulasta 2, 52 %. Tämä kuormitus tulee suurimmaksi osaksi RTV:n jätevesistä. RTV:n jätevesistä tulee muutenkin noin 37 % pesuloiden 2 ja 3 metallikuormituksesta. Loput, eli n. 62 %, metallikuormituksesta tulee pesulasta 3. KTV:n jätevesien metallipitoisuudet ovat niin pieniä, että ne eivät juurikaan vaikuta kokonaispitoisuuksiin. Mikäli viemäriin menevien jätevesien metallipitoisuuksia halutaan alentaa, niin vipperien ja RTV:n jätevedet olisi hyvä käsitellä yhdessä.

Eri lajitelmien jätevesille voidaan laskea hinta, kun tiedetään jäteveden sisältämät haitta-aine pitoisuudet. Myös pesula kohtainen hinta voidaan laskea jätevedelle kun eri lajitelmien vesimäärinä ja pitoisuuksina käytetään liitteissä 4 ja 16 laskettuja teoreettisia vedenkulutuksia

ja pitoisuuksia. Nämä laskelmat on esitetty liitteessä 17. Taulukossa 28 on esitetty laskelmien yhteenveto.

Taulukko 28. Eri jätevesijakeille lasketut hinnat ja kustannukset kuukaudessa. Laskelmat perustuvat mitattuihin pitoisuuksiin ja laskettuihin vedenkulutuksiin.

	Vedenkulutus m ³ /kk	Yksikköhinta mk/m ³	Hinta kuukaudessa mk/kk
Koko pesula	4 295	14,12	60 629
Hotelli	1 207	6,55	7 907
Rullat	455	6,25	2 846
KTV	897	6,97	6 249
RTV	751	13,39	10 059
Pesula 2	3 310	8,52	28 203
Verstasvipperit, huuhtelut	324	25,11	8 136
Kirjapainovipperit, huuhtelut	329	41,71	13 724
Flotaatio, ulos	332	31,83	10 567
Pesula 3	985	32,92	32 426

Taulukosta huomataan, että pesulan 3 jäteveden kuutiohintaa on melkein 4 kertaa suurempi kuin pesulan 2. Kustannukset kuukaudessa ovat pesulassa 3 vain hiukan suuremmat kuin pesulassa 2. Tämä selittyy jäteveden määrällä. Kaikkein pienin kuutiohintaa ja pienimmät kustannukset kuukaudessa on rullapyyhkeiden jätevesillä. Rullapyyhkeiden jätevesien kustannuksiin vaikuttaa se, että suurin osa jätevesistä käytetään uudelleen vipperien pesuihin. Tällöin osa kustannuksista siirtyy vipperipuolella.

11.2 Jäteveden puhdistusmenetelmät

11.2.1 Flotaatio

Pesulassa 3 oleva flotaatio laitteisto toimii mineraaliöljyjen sekä öljyjen ja rasvojen erotuksen osalta hyvin. Erotusprosentti mineraaliöljyille on 98,8 % sekä öljyille ja rasvoille 98,4 %. Flotaatio poistaa myös kiintoaineesta 98,3 %.

Flotaatio poistaa heikosti jätevedessä olevia metalleja. Myös jäteveden hapenkulutukseen flotaation vaikutus on vähäinen.

Nykyinen flotaatiolaitteisto toimii 8 tuntia päivässä eli silloin kun teollisuuspyyhkeitä pestään. Tämä aika on riittävä, jotta pesujen jätevedet saadaan puhdistetua flotaatiolaitteistolla. Mikäli nykyiseen laitteistoon halutaan ohjata myös teollisuuspyyhkeiden huuhteluista tulevia jätevesiä, niin laitteiston päivittäistä toiminta-aikaa tulisi pidentää.

Tasausaltaan koko on 15 m³ ja se vastaa noin kahden verstas- ja yhden kirjapainovipperien pesuohjelmien vedenkulutusta. Tasausaltaan koko ja flotaatiolaitteiston kapasiteetti ei nykyisellään riitä käsittelemään kaikkia teollisuuspyyhkeiden jätevesiä. Laitteisto pystyisi

kapasiteettinsa puolesta käsittelemään ensimmäisten huuhtelujen jätevedet mikäli sen toiminta-aikaa pidennettäisiin.

Flotaatiolaitteiston tasausaltaan pohjalle kerääntyy jäteveden mukana tulevaa kiintoainetta. Tasausallas joudutaan tyhjentämään vähintään kerran vuodessa, jotta laitteisto toimisi hyvin. Puhdistuksen tarvetta voitaisiin vähentää lisäämällä laitteistoon kiintoaineen/hiekanerotus-laitteisto. Tilojen ahtauden takia tämä voi olla hankalaa.

11.2.2 Ultrasuodatus

Ultrasuodatuksella päästään Waschanstalt Zürich:n työvaatepesulan jätevesissä pienempiin arvoihin haitta-ainepitoisuuksissa, paitsi kiintoaine sekä öljyt ja rasvat, kuin flotaatiolla. UF-laitteistoon sisääntulevan jäteveden pitoisuudet ovat huomattavasti pienemmät kuin flotaatiolaitteistoon tulevassa jätevedessä, joten selkeitä rinnastuksia ei voida tehdä.

UF-laitteistossa muodostuu ongelmajätteenä luokiteltavaa konsentraattia n. 1 % puhdistetun jäteveden määrästä. Pesulan 3 arvioituun 350 m³/kk virtaaman mukaan laskettuna konsentraattia muodostuisi n. 3,5 m³/kk. Arvio 350 m³/kk on teollisuuspyyhkeiden pesuista tuleva jätevesimäärä, joka nykyisellään menee flotaatiolaitteistoon.

UF-laitteistolla saadaan jätevedestä poistettua metalleja sekä alennettua jäteveden hapenkulutusta. Permeaatti kuitenkin vaahtosi vielä pH:n säätöaltaissa, joten se sisälsi vielä detergenttejä. Permeaattia voitaisiin uudelleenkäyttää pesuihin, mutta käyttö huuhteluissa vaatisi lisäselvityksiä tai varovaisia kokeita pesuloissa.

11.2.3 Bioreaktori

Bioreaktorin toimittaja Juvegroup Oy:n tarjouksen mukaan /41/ bioreaktori pystyisi puhdistamaan teollisuuspyyhkeiden pesuista syntyvää jätevettä. Kokeet on kuitenkin suoritettu varsin pienellä, 30 l, laitteistolla. Koeajoja suoritettiin reaktorilla 7:n viikon ajan. Aika on suhteellisen lyhyt, joten raskasmetallien kerääntymisen vaikutusta biomassaan ei voida luotettavasti arvioida. Pidempiaikainen käyttö ja raskasmetallien kerääntyminen biomassaan voi aiheuttaa ongelmia biomassan kasvulle ja laitteiston puhdistusteholle.

Keskusteluissa pesukemikaalitoimittaja Leverindus:en jätevesiasiantuntijoiden /48/ kanssa heidän mielipiteensä bioreaktorin soveltamisesta vipperi-jätevesille olivat varovaisen epäileviä. Juvegroup ei ole toimittanut bioreaktoria vastaaviin olosuhteisiin kuin vipperi-jätevedet. Vaikka laboratoriokokeissa saavutettaisiin hyviä tuloksia, niin suurentaminen yli 3000 kertaiseksi tehdasmittakaavan laitoksesksi vaatisi lisää kokeita. Sopiva pilot-laitteisto voisi olla muutamia kuutiometrejä jätevettä päivässä puhdistavan laitteiston testaaminen muutaman kuukauden ajan.

Ongelmia saattaa myös tulla ylijäämälietteen selkeytysaltaan mitoistuksen suhteen käytettäessä jo olemassa olevia selkeytys altaita. Lietteen käyttäytyminen saadaan selville vain tehdasmittakaavan kokeiluissa. Myös reaktorin mahdollisesta tukkeutumisesta ei saada luotettavaa tietoa kuin suuremman mittakaavan kokeilla.

Bioreaktorin puhdistamaa jätevettä ei voida käyttää sellaisenaan uudelleen pesulassa, paitsi ehkä vipperien pesuissa. Vipperit pestään jo tällähetkellä käytetyllä vedellä joten säästöjä ei juuri saavutettaisi. Puhdistetun veden uudelleen käyttö muiden lajitelmien pesuihin tai jopa huuhteluihin vaatii lisäpuhdistimen bioreaktorin jälkeen. Juvegroup on tutkinut jatkopuhdistusta lisäsuodattimen avulla /41/. Kokeissa käytettiin jälkisuodattimena modifioitua aktiivihiiლისუodatinta, jolloin puhdistetun veden sisältämät raskasmetallipitoisuudet alittivat talousvedelle asetetut laatuvaatimukset sekä -tavoitteet.

11.2.4 Haihdutus

Haihdutusmenetelmällä ei ole toistaiseksi suoritettu kokeita pesuloiden 2 tai 3 jätevesien puhdistamiseksi. Puhdistustulokset vaikuttavat kirjallisuuden perusteella lupaavilta, joten pilot-mittakaavan koeajoja kannattaisi harkita vakavasti.

Haihduttaminen vaikuttaa menetelmältä, jonka avulla voitaisiin puhdistettua vettä kierrättää takaisin pesuihin ja huuhteluihin. Veden kierrättäminen takaisin huuhteluihin vaatii lisä tutkimuksia tai varovaisia käytännön kokeita.

Parhaiten haihduttaminen sopisi luultavimmin nykyisin rullapyyhkeiden ja KTV:n huuhteluiden puhdistamiseen. Tällöin olisi mahdollista kierrättää nämä vedet pesujen sijasta ensimmäisiin ja ehkä myös toisiin huuhteluihin. Nykyisellään nämä vedet kierrätetään eri lajitelmien pesuvesiksi. Koska huuhteluissa käytetään suurempaa liuossuhdetta kuin pesuissa ja huuhtelujen lukumäärä on suurempi kuin pesujen, niin huuhteluissa käytetyt vesimäärät ovat suurempia kuin pesuissa.

Liitteessä 4 on laskettu teoreettiset vedenkulutukset eri pesukoneille ja ohjelmille. Laskelmien mukaan huuhteluista muodostui vuonna -95 keskimäärin yli 1 400 m³/kk enemmän vettä kuin mitä voitiin hyödyntää pesuissa. Mikäli tämä hyödyntämättä jäävä vesimäärä voitaisiin puhdistaa haihdutusmenetelmällä ensimmäisiin huuhteluihin kelpaavaksi vedeksi, niin koko pesulan vedenkulutusta voitaisiin alentaa 816 m³/kk mikä on 18 % vuoden -95 keskiarvokulutuksesta. Koko pesulan vedenkulutus olisi tällöin n. 3 650 m³/kk.

12 Kustannusvertailu

Kustannuslaskelmat on tehty vertaamalla nykyisin pesulassa 3 käytössä olevan flotaatio-laitteiston kustannuksia ultrasuodatukseen, haihdutukseen ja bioreaktoriin. Koska eri laitteistot käsittelevät toisistaan poikkeavia määriä jätevettä vuorokaudessa on laskelmat suoritettu sisään tulevaa vesikuutiota kohden. Laskelmat on esitetty liitteessä 18.

Laskelmat on suoritettu nykyarvomenetelmällä. Laskelmissa on diskontattu vastaiset menot eri puhdistuslaitteille. Tällöin se menetelmä, jonka nykyarvo on pienen on edullisin vaihtoehto. Laskennassa korkona on käytetty 7 % ja investoinnin käyttöaikaa on vaihdellut 2 - 14 vuoteen. Erotetun konsentraatin hävittämiskustannuksina on käytetty nykyistä 1,80 mk/l hintaa. Kustannusten nykyarvo antaa erilaisen tuloksen kuin mitä saadaan jakamalla nykyarvo laitteiston kapasiteetilla. Taulukossa 29 on esitetty eri puhdistus menetelmien kustannuslaskelmien yhteenveto.

Taulukko 29. Kustannuslaskelman yhteenveto puhdistettaessa pesulajätevettä eri menetelmillä.

		Flotaatio	UF	Haihdutus	Bioreaktori
Kapasiteetti	m ³ /d	25	25	30	30
Investointi kustannukset	mk	750 000	1 500 000	1 500 000	1 945 000
Muuttuvat kust. yhteensä	mk/m ³ jätevettä	17,13	16,25	12,95	32,90
Konsentraatin hävitys	mk/m ³ jätevettä	67,32	16,83	33,66	8,42
Jäteveden hinta		12,38	12,38	12,38	12,38
Yhteensä					
ilman investointia	mk/m ³ jätevettä	96,83	45,46	58,99	53,70
investoinnin kanssa	mk/m ³ jätevettä	216,83	285,46	258,99	313,03

Kustannuslaskelmista havaitaan, että varsinkin flotaatiolaitteiston kustannuksista suurin osa muodostuu konsentraatin hävityskuluista. Myös muilla menetelmillä, paitsi bioreaktorilla, konsentraatin hävityskustannukset ovat suurempia kuin muut kustannukset. Bioreaktorista syntyvän konsentraatin hävityskustannusten arviointi perustuu Juvegroup:in /41/ arvioon, että konsentraattia muodostuu 0,5 % sisään tulo virtaamaa kohden. Tämä arvio saattaa olla liian optimistinen. Syntyvän konsentraatin määrään vaikuttaa myös laitteiston ajotavan optimointi. Parhaat asetuksen laitteistolle löytyvät vasta käyttökokemuksen myötä.

Taulukossa 30 on esitetty yhteenveto eri laitteistoilla puhdistetun jätevesikuution hinnanmuodostuksesta, kun investoimia on tarkasteltu eri ajanjaksoilla.

Taulukko 30. Jätevesikuutiolle muodostuva hinta eri puhdistusmenetelmillä eri ajanjaksoina. Laskelmissa on käytetty nykyarvomenetelmää ja kaikki kustannukset on kohdistettu jätevesikuutiota kohden.

Vuodet	Flotaatio mk/m ³	UF mk/m ³	Haihdotus mk/m ³	Bioreaktori mk/m ³
2	142,29	150,61	144,59	166,88
4	109,71	93,92	96,13	105,36
6	95,59	73,45	77,97	83,00
8	86,40	62,18	67,57	70,61
10	79,40	54,71	60,41	62,33
12	73,65	49,20	54,97	56,19
14	68,73	44,87	50,58	51,35

Kustannukset jätevesikuutiota kohden pienenevät kun tarkasteltava ajanjakso pitenee. Kaikkein eniten kustannukset pienenevät bioreaktorin osalta. Lyhyellä aikavälillä on käytössä oleva flotaatio-laitteisto edullisin. Kuitenkin jo neljän vuoden jälkeen alittavat muiden menetelmien kustannukset jätevesikuutiota kohden flotaation kustannukset. Kokonaiskustannuksissa sama alitus talahtuu kahdeksan vuoden jälkeen. Edullisin menetelmä jätevesien puhdistamiseen on laskelmien mukaan ultrasuodatus. Taulukossa 31 on esitetty herkkyysanalyysin tulokset kun laskelmat on suoritettu muuttamalla lähtöarvoja. Tämä on tarpeellista, koska laskelmien lähtöarvot ovat arvioita. Laskelmat on suoritettu 1, 5 ja 10 vuoden pitoajalla.

Taulukko 31. Eri kustannustekijöiden muutosten vaikutus jäteveden puhdistuksen hinnan muodostukseen. Laskelmat on tehty 1, 5 ja 10 vuoden pitoajalla.

	Flotaatio			UF			Haihdotus			Bioreaktori		
	1 v	5 v	10 v	1 v	5 v	10 v	1 v	5 v	10 v	1 v	5 v	10 v
Investointi + 20%	11 %	4 %	3 %	17 %	11 %	8 %	16 %	11 %	9 %	11 %	8 %	5 %
Käyttökustannukset +10%	1 %	1 %	2 %	1 %	2 %	2 %	1 %	1 %	2 %	1 %	3 %	4 %
Konsentraatin määrä + 1 %-yksikkö	8 %	14 %	15 %	6 %	17 %	22 %	7 %	16 %	20 %	5 %	15 %	19 %
Konsentraatin hinta * 2	31 %	54 %	59 %	6 %	17 %	22 %	13 %	32 %	39 %	3 %	8 %	9 %

Eniten laskelmiin vaikuttavat taulukon 31 mukaan syntyvän konsentraatin määrä ja sen hinta. Mikäli ongelmajätteeksi luokiteltavaa konsentraattia syntyy yksi prosenttiyksikkö enemmän kuin bioreaktorin suhteen on arvioitu niin kustannuksen jätevesikuutiota kohden nousevat 10:ssä vuodessa 19 %. Konsentraattia muodostuisi tällöin 1,5 % sisään tulevast virtaamasta. Investoinnin hinnanmuutoksen vaikutus kustannuslaskelmaan pienenee ajan myötä.

Laskelmissa ei ole huomioitu mahdollisuutta kierrättää puhdistettua vettä takaisin pesuprosesseihin. Etenkin haihdutuksen osalta tämä voi olla hyvinkin mahdollista. Tällöin pystyttäisiin koko pesulan vedenkulutusta pienentämään.

13 Kokeellisen osan yhteenveto

Kokeellisessa osassa tutkittiin kahden samassa rakennuksessa sijaitsevan teollisuuspesulan jätevesijakeiden laatua. Lisäksi verrattiin eri jäteveden puhdistusmenetelmien toimintaa teollisuuspesulan jätevesien puhdistamiseen. Tutkitut jätevedet olivat seuraavien kohteiden poistovesiä. Pesulassa 2 : hotellitekstiili, rullapyyhkeet, kevyt työvaate ja raskastyövaate. Pesulassa 3 : versta- ja kirjapainoteollisuuspyyhkeet. Vertailtavina jäteveden puhdistusmenetelminä olivat : flotaatio, ultrasuodatus, elektroflotaatio, bioreaktori ja haihdutus. Näistä menetelmistä flotaatio ja ultrasuodatus ovat käytössä eri teollisuuspesuloissa. Muita menetelmiä, paitsi haihdutusta, verrailtiin laboratorio-mittakaavan kokeilla. Haihdutuksen vertailu suoritettiin kirjallisuuden perusteella.

Eri tekstiililajitelmien jätevedet poikkeavat merkittävästi toisistaan. Vähiten haitta-aineita sisältäviä jätevesiä ovat hotellitekstiilien jätevedet. Tämän jälkeen tulevat rullapyyhkeet, kevyt työvaate ja raskastyövaate. Selvästi likaisimpia tutkituista jätevesistä olivat teollisuuspyyhkeiden pesuista syntyvät jätevedet.

Pesuloissa 2 ja 3 muodostuvista jätevesistä tulevat suurimmat pitoisuudet pesulasta 3. Laskennallisesta kummankin pesulan kuormituksesta kunnanviemäriin muodostuu pesulasta 2 suurin osa ainoastaan kiintoaineen ja nikkelin osalta. Muuten suurimmat kuormitukset tulevat pesulasta 3. Etenkin jätevesien ravinnekuormituksesta suurin osa, laskennallisesti yli 70 %, tulee pesulasta 3. Suureen ravinnekuormitukseen on syynä tekstiilien likaisuudesta johtuva pesukemikaalien runsas annostus. Myös lian mukana tulee jonkin verran ravinteita. Jätevesien hapenkulutuksista ja mineraaliöljy sekä öljy ja rasva kuormituksesta tulee pesulasta 3 yli 70 %.

Jäteveden puhdistusmenetelmistä flotaatio on käytössä pesulassa 3. Se poistaa jätevedessä olevista mineraaliöljyistä sekä öljyistä ja rasvoista yli 98 %. Myös kiintoaineen erotuksessa päästään samaan erotusprosenttiin. Flotaation erottaa myös ravinteista yli 90 %. Tosin ravinnepitoisuudet ovat vielä tämänkin jälkeen suurempia kuin pesulan 2 minkään lajitelman jätevedestä mitatut pitoisuudet. Flotaation vaikutus jäteveden hapenkulutukseen ja metallipitoisuuksiin on vähäinen.

Ultrasuodatuksella saadaan pesulajätevesistä alennettua etenkin metallipitoisuuksia. Kiintoaineen, COD_{Cr}:n ja mineraaliöljyjen pitoisuudet saadaan UF-laitteistolla pienemmiksi kuin flotaatiolla. Ravinteiden osalta UF:lle tulevat pitoisuudet olivat todella pienet verrattuna pesula 3 flotaatioon tuleviin pitoisuuksiin, joten erotustehokkuuden vertailu on hankalaa.

Laboratoriokokeiden sekä kirjallisuuden perusteella pesulajätevedet eivät sovellu puhdistettavaksi elektroflotaatiolla. Jätevedet sisältävät runsaasti pesukemikaaleissa olevia ionittomia tensidejä, jotka vaikeuttavat puhdistusprosessia.

Juvegroup Oy suoritti laboratoriomittakaavan kokeita pesulan 3 jätevesien puhdistamiseksi bioreaktorilla. Koelaitteiston koko oli pieni, 30 l, ja koeajoja suoritettiin 7:n viikon ajan. Saatujen tulosten perusteella bioreaktori pystyy puhdistamaan teollisuuspyyhkeiden jätevesiä jopa paremmin kuin ultrasuodatus. Jäteveden metallit kerääntyvät biomassaan ja poistuvat ylijäämä lietteen mukana. Metallien konsentroituminen biomassaan saattaa aiheuttaa ongelmia täydenmittakaavan laitteiston toiminnassa. Myös muiden pitoisuuksien pysyminen yhtäpieninä laitteistoa suurennettaessa saattaa olla liian optimistista ajattelua.

Haihdotusmenetelmän käyttöä pesulajätevesien puhdistamiseen tutkittiin vain kirjallisuuden perusteella. Menetelmän puitteissa oltiin yhteydessä Hadwaco Oy:n. Kirjallisuuden perusteella haihdutusmenetelmä vaikuttaa parhaalta tavalta puhdistaa pesulajätevettä, kun tavoitteena on veden kierrättäminen takaisin pesuihin ja huuhteluihin. Haihduttamalla pystytään jätevedestä poistamaan melkein kaikki epäorgaaniset ja haihtumattomat orgaaniset yhdisteet. Ongelmia saattavat aiheuttaa matalan kiehumispisteen omaavat yhdisteet.

Eri jäteveden puhdistusmenetelmiä vertailtiin keskenään myös kustannuksiltaan. Laskut suoritettiin sisään tulevaa jätevesikuutiota kohden, käyttämällä nykyarvomenetelmää. Kun laitteistojen käyttöaikaa pidennettiin useille vuosille, niin edullisimmaksi vaihtoehdoksi tuli ultrasuodatus. Kahdeksan vuoden jälkeen kaikki ko. vaihtoehdot tulevat halvemmiksi kuin nykyinen flotaatiolaitteisto.

Haihdutin ja bioreaktori ovat laskelmien mukaan vain jonkin verran kalliimpi kustannuksiltaan jätevesikuutiota kohden kuin ultrasuodatus. Mikäli haihduttamalla puhdistettua jätevettä voidaan uudelleenkäyttää huuhteluissa, niin tällöin saavutetaan säästöä pesuloiden vedenkulutuksessa, mitä ei ole laskuissa huomioitu.

Pesuloiden vedenkulutusta olisi mahdollista pienentää nykyisestään. Yksikköpesukoneiden vedenkulutusta ei voida pienentää ilman että joko pienennetään liuossuhteita taikka vähennetään pesuvaiheita. Koko pesulan vedenkulutusta voidaan pienentää puuttumatta liuossuhteisiin taikka pesuvaiheiden määriin. Tämä edellyttää vedenkierrätyksen lisäämistä pesukoneiden välillä. Yksikkökoneilta tulee huuhteluvesiä enemmän kuin mitä tarvitaan pesuvesiksi. Tämän takia nykyisellään menee viemäriin suhteellisen puhtaita rullien ja KTV:n huuhteluvesiä.

14 Ehdotuksen jatkotoimenpiteiksi

Liitteessä 4 on mallitettu pesuloiden 2 ja 3 vesikiertoa. Näiden laskelmien perusteella vaikuttaa siltä, että vedenkierrätys ei nykyisellään toimi parhaalla mahdollisella tavalla. Pesuloissa olevat kierrätysveden keräilyssäiliöt ovat mitoitettu liian pieniksi. Mikäli altaita suuren-

nettaisiin voitaisiin ainakin pesulan 3 teollisuuspyyhkeet pestä pelkästään kierrätysvedellä. Samalla saataisiin puhtaanveden käyttöä pienennettyä myös kevyen työvaatteen pesuissa.

Vesikierron tarkkailua varten voitaisiin eri lajitelmille meneviin vesiin asentaa virtausmittarit. Seuraamalla virtauksia säännöllisesti voidaan heti havaita mikäli vettä kuluu jostain syystä liian paljon.

Kierrätysvedessä olevat lika-aineet ja niiden pitoisuudet kannattaisi tutkia, jotta saataisiin selville kelpaako se myös ensimmäiseen huuhteluun mahdollisesti jopa ilman puhdistusta. Tällöin tarvitsisi investoida uusiin säiliöihin ja putkistojen lisärakentamiseen. Myös pesukoneiden ohjelmiin täytyisi tehdä pieniä muutoksia.

Yksikkökoneissa käytetyt todellisten liuossuhteiden tietäminen auttaisi mallitettaessa pesulan visetasetta. Samalla voitaisiin tutkia onko mahdollista pienentää liuossuhteita pesutuloksen huonontumatta. Liuossuhteita ei välttämättä tarvitse pienentää, mikäli vedenkierrätystä voidaan muuten tehostaa.

Eri vedenpuhdistusmenetelmien osalta kannattaisi vielä selvittää mahdollisuudet soveltaa saostamista jäteveden puhdistamiseen. Saostaminen voisi tulla kyseeseen etenkin suuria metallipitoisuuksia omaavien jätevesien puhdistuksessa. Tällöin kannattaisi kartoittaa mahdollisuudet puhdistaa RTV:n ja vipperien jätevedet yhdessä saostamalla. Myös flotaatiolaitteiston tehoa voisi parantaa lisäämällä sekaan sopivaa saostuskemikaalia.

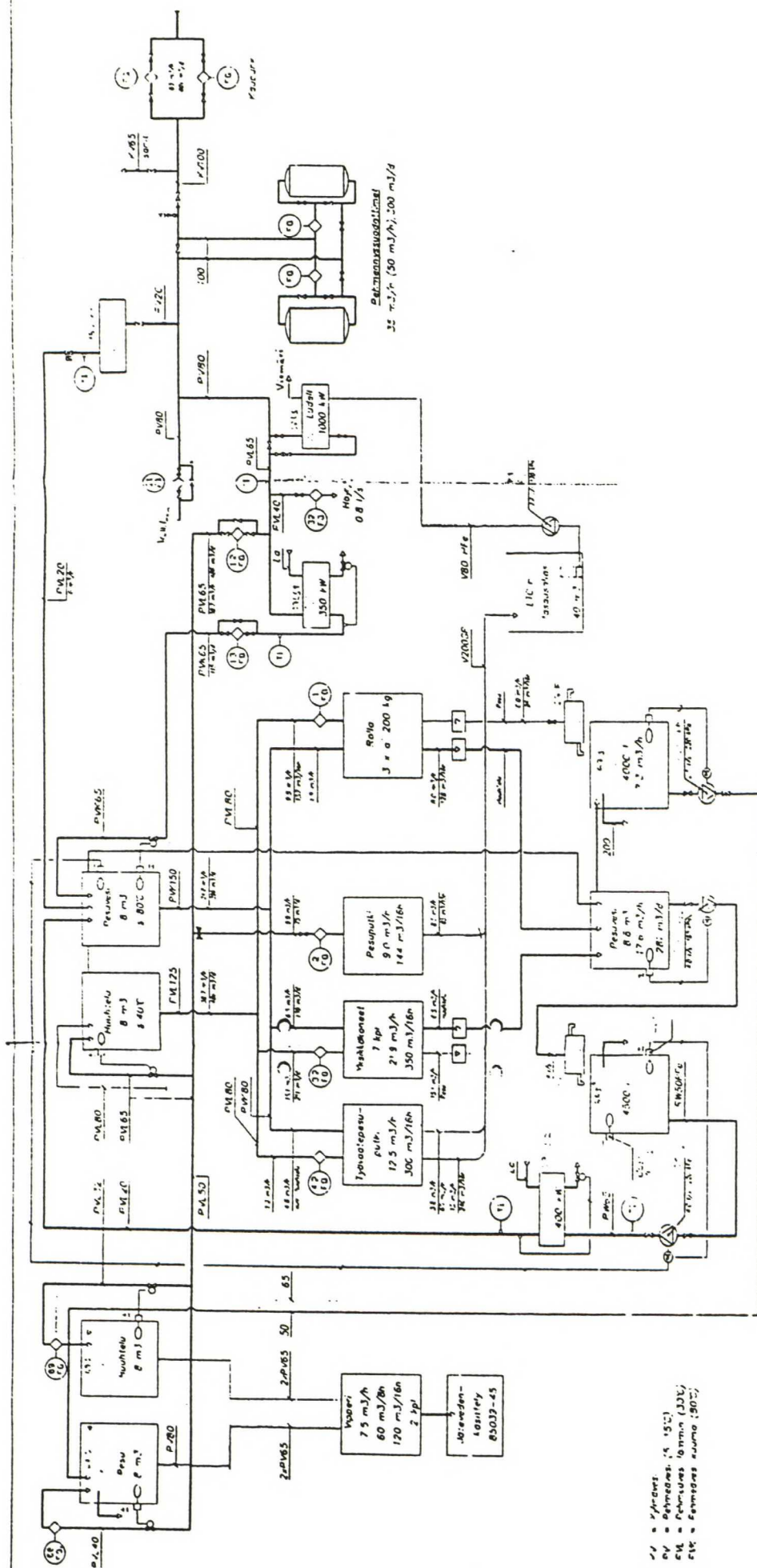
Eri puhdistusmenetelmien soveltuvuuden varmistamiseksi pesulajätevesille kannattaisi seuraavana vaiheena käyttää pilot-mittakaavan koeajoja. Laitteistojen koko olisi muutamia kuutioita jätevettä päivässä ja kokeet suoritettaisiin pesulassa paikan päällä. Sopiva ajan jakso voisi olla kaksi kuukautta.

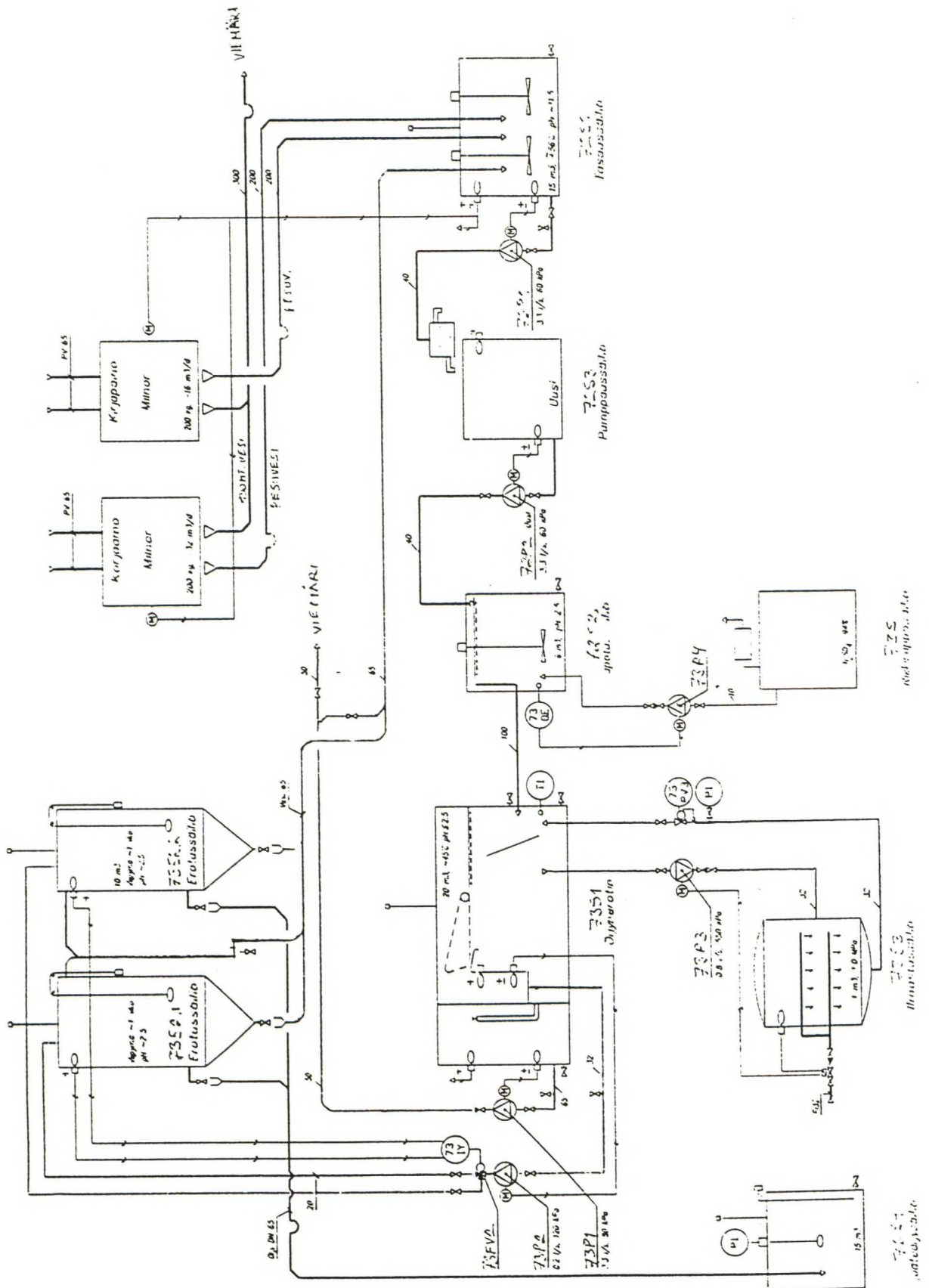
Lähdeluettelo

- 1 Vesiraportti, Lindström Oy, 1995, (sisäinen julkaisu)
- 2 Riggs, C. L. ja Sherrill, J. C. Textile laundering technology. 2. painos, Hallandale, Florida, USA; Textile Rental Services Association of America, 1982. 263 s.
- 3 Jakobi, Günter, ja Löhr, Albrecht, Detergents and textile washing, Weinheim, Federal Republic of Germany: VCH Publishers, 1987. 256 s. ISBN 0-89573-687-X
- 4 Anonyymi, Farmors stortvätt och dagens tvättmaskiner. Tvätt & Vatten, Nyhetsbrev från Kemira Kemi Ab, 1995. nro 3, s. 6-7.
- 5 Reiff, Jack, Ozone puts the washroom on a diet, Textile Rental, 1995. Vol 78, nro 10, s. 64-68. ISSN 0195-0118
- 6 Pesutekniikan käsikirja, Lindström Oy, 1995, (sisäinen julkaisu)
- 7 Salomaa, Kirsti, Perehdyttämiskansio, Lindström Oy, 1987, (sisäinen julkaisu)
- 8 Transferon Wäschereimaschinen GmbH, Mühlacker, Wasserlaufplan Waschstraße, Lindström. 1992.
- 9 Roiha, Eino, Lämpöenergian säästö teollisuuspesuloissa, Suomen Pesuteollisuusliitto r.y. 1980. 229 s. (Vaskerikonsultationen, Teknologist Institut)
- 10 Karlstöm, Ulf ja Svensson, Susanne. Environmental criteria for laundry detergent. Berry, M. (englanninnos). Göteborg, Sweden: The Swedish Society for Nature Conservation, 1995. 18 s.
- 11 Määttä, Raimo, Vesiensuojelun kemia ja biologia I, Espoo, Otapaino, 1977, 265 s. ISBN 951-671-140-5
- 12 Blaco, Clyde, Ozone washing technology emerges for industry evaluation, Textile Rental, 1992. Vol 43, nro 3, s. 67-68. ISSN 0195-0118.
- 13 Halme, Markku, Tulosityksikön päällikkö, Lindström Oy. suullinen tiedonanto, 26.7.1995.
- 14 Laitinen, Risto ja Toivonen, Jukka, Yleinen ja epäorgaaninen kemia, 2. painos, Espoo: Otakustantamo, 1984. s. 258-261 (Kemian perusteet 1-2, 477). ISBN 951-671-353-X
- 15 Industry energy consumption drops, according to survey, Textile Rental, 1992. Vol 75, nro 6, s. 28-32. ISSN 0195-0118.
- 16 Persson, Örjan, Höglund, Kjell ja muut., Energihushållning i tvätterier, Tukholma, 1980, 99 s.

- 17 Jørgensen, Jess, Genvinding af varme fra tørretumblare, Kööpenhamina, 1976, 40 s.
- 18 Raatikainen, Marjo, Jätevesimittaus 11/95, Lindström Oy, (sisäinen raportti)
- 19 Ilmansuojelulaki ja -asetus
- 20 Rantanen, S., Lainatekstiili Oy:n teollisuustekstiilipalvelun liuotinainepitoisuusmittaukset 8.6.1994, Tampereen aluetyöterveyslaitos, Lausunto 27.6.1994
- 21 Rouvinen, Tellervo, Kaasujen pitoisuusmittaukset 15.09.1994 Lindström Lainatekstiili Oy:n Hämeenlinnan pesulan koneista: koneet nro 711 ja 712, Prosensor Oy, Mittausraportti
- 22 Amberg, G., ja Schnepf, Chr., Wastewater treatment methods in commercial and institutional laundries, Reiniger & Wäsher, XLVI, Heft 10-11/93.
- 23 Sweco vibro-energy separators, Tuote-esite
- 24 Probeus, Ulf. Reningsteknik för vattenvätterier. University of Lund. 1995. 32 s.
- 25 Maa ja vesi OY, Ympäristölaboratorio, Jätevesitutkimus,
- 26 Helsingin kaupunki, Vesi- ja viemärilaitos, Helsingin viemäröintialueen jäteveden raja-arvot 10.8.1995 lukien.
- 27 Honkanen, Risto ja Polvinen, Eero, Uudet teollisuusjätevesien puhdistusmenetelmät, Helsinki: SITRA, 1980. 115 s. (Teollisuuden jätevesiprojekti). ISBN 951-563-020-7
- 28 Cruver, James ja Lee, Charles, Efficient, economical, microparticle liquid separation with membrane belt filter
- 29 Clampitt, David, L., Membrane filtration system produces result at G&K plant, Industrial Launderer, 1994. Vol 45, nro 6, s. 25-30. ISSN 0046-9211
- 30 Garay, Paul ja Cohn, Franklin, High-quality industrial water management manual, Lilburn, Georgia, USA, The Fairmont Press, 1992, 451 s. ISBN 0-88173-087-4
- 31 Trimble, David, Removing heavy metals, Textile Rental, 1994. Vol 77, nro 12, s. 64-67. ISSN 0195-0118.
- 32 Määttä, Raimo, Vesiensuojelutekniikan luentokurssi, TKK. Ympäristönsuojelutekniikan laboratorio. 1993.
- 33 Laitinen, Pentti, Hackman palaa kovaan teollisuuteen uuden polven vedenpuhdistamoilla, Helsingin Sanomat, 19.6.1995, s. B 12.

- 34 Valtioneuvoston päätös yleisestä viemäristä ja eräiltä teollisuudenaloilta vesiin johdettavien jätevesien sekä teollisuudesta yleiseen viemäriin johdettavien jätevesien käsittelystä, (365/94).
- 35 Laki jätevesimaksusta, 13.7.1973/610
- 36 SFS 3037, Veden kiintoaineen määrittäminen. Suomen standardisoimisliitto. 1976. 3 s.
- 37 SFS 3008, Veden, lietteen ja sedimentin kuiva-aineen ja hehkutusjäätteen määrittäminen. Suomen standardisoimisliitto. 1990. 3 s.
- 38 SFS 5508, Jäteveden biokemiallisen hapen kulutuksen (BOD₇) määrittäminen. Laimennusmenetelmä. ATU-lisäys. Suomen standardisoimisliitto. 1991. 5 s.
- 39 SFS 5504, Veden kemiallisen hapen kulutuksen (COD_{Cr}) määrittäminen suljetulla putkimenetelmällä. Hapetus dikromaatilla. Suomen standardisoimisliitto. 1988. 4 s.
- 40 Walters, Gregg, Water analysis handbook, Loveland, Colorado, USA, Hach company,
- 41 Hongisto, Pekka, Uotila, Jussi ja Zaitsev, Gennady. Loppuraportti: Lindström Oy, Hämeenlinnan Lainatekstiili Oy:n vipperi-jätevesien mikrobiologinen käsittely -laboratoriosta teollisuustoteutukseksi. Rovaniemi, 1995. 10 s.
- 42 Ympäristöministeriö, Työryhmän mietintö, Asumajätevesistä poikkeavien jätevesien johtaminen yleiseen viemäriin, Moniste, 1992. 52 s. ISSN 0788-5954
- 43 Laaksonen, Kari, Työnjohtaja. Lindström Oy. Haastattelu 7.2.-96
- 44 Hotz, W., Tekninen johtaja. Waschanstalt Zürich. Industriestrasse 32, Thalwil, Sveitsi. Haastattelu 14.11.-95
- 45 Sohm, H., Geschäftsführer, Awatec ag Horgen. Abwassertechnik. Waschanstalt Zürich. Industriestrasse 32, Thalwil, Sveitsi. Haastattelu 15.11.-95
- 46 Forss, G., Edustaja. IPS Oy. Puhelinkeskustelu 10.12.-95
- 47 Ettala, Matti ja Rossi, Toni, Kaatopaikkavesien käsittely uudella haihdutustekniikalla, Ecocity ympäristömessut, Vanhasatama, Helsinki, 6.-7.9.95. 6 s.
- 48 Neplenbroek, Tonny ja Fesser, Jürgen. Water Management. Lever Industrial International. P.O. Box 10, 3600 Maarssen, Holland. Jätevesipalaveri , Helsinki 10.1.96.





Jätevesimaksun yksikköhinnan määrittäminen

$$k = aK \left(C_1 \frac{q}{Q} + C_2 \frac{b_{hk}}{BHK} + C_3 \frac{p}{P} + C_4 \frac{n}{N} + C_5 \frac{s}{S} \right) + (1-a)K$$

- k = käyttömaksun yksikköhinta kiinteistön osalta
 K = taksan mukainen käyttömaksun yksikköhinta kunnassa
 a = jätevedenpuhdistamon kustannusten osuus käyttömaksun perusteena olevista viemärlaitoksen kustannuksista
 C_1-C_5 = kertoimia, jotka osoittavat eri kuormitustekijöiden vaikutusta jätevedenpuhdistamon kustannusten muodostumisessa
 q = kiinteistön jätevesimäärän vaihtelua osoittava tekijä
 Q = puhdistamon jätevesimäärän vaihtelua osoittava tekijä
 b_{hk} = kiinteistön puhdistamattoman jäteveden keskim. BHK
 BHK = puhdistamon puhdistamattoman jäteveden keskim. BHK
 p = kiinteistön puhdistamattoman jäteveden keskim. fosforipitoisuus
 P = puhdistamon puhdistamattoman jäteveden keskim. fosforipitoisuus
 n = kiinteistön puhdistamattoman jäteveden keskim. typpipitoisuus
 N = puhdistamon puhdistamattoman jäteveden keskim. typpipitoisuus
 s = kiinteistön puhdistamattoman jäteveden keskim. kiintoainepitoisuus
 S = puhdistamon puhdistamattoman jäteveden keskim. kiintoainepitoisuus

Eri lajitelmien laskennalliset vedenkulutukset.
Laskelmat on suoritettu pestyjen kilojen ja käytettyjen liuossuhteiden perusteella.

Lianmäärät on arvioitu jätevesien kiintoainepitoisuuksien perusteella.										Työpäiviä/kk	
Yksikkökoneet										21,5	
Lajitelma:	Koneiden			Pestävän pyykin mukana tuleva lika ja kosteus koneellista kohden					likaa	kosteus	
	lkm	Koko kg	Täyttö	Lika ja kosteus							kg/kk
				kg	kosteus	vetä kg	lika %	likaa kg			
Rullapyyhe	3	200	260	60	30 %	59,8	0,10 %	0,20	96	29	
Kevyttyövaate	5	100	120	20	20 %	19,8	0,20 %	0,20	93	9	
Verstasvipperi	1	200	300	100	36 %	72,0	14,00 %	28,00	4 672	12	
Kirjapainovipperi	1	200	300	100	43 %	86,0	7,00 %	14,00	1 168	7	

Pesuvaiheet	Esipesu		Välihuuhtelu		Pesu		Huuhtelut				Tyhjentää
	lkm	liuoss.	lkm	liuoss.	lkm	liuoss.	lkm	liuoss.	lkm	liuoss.	
Rullapyyhe	0	0	0	0	1	2,5	3	4,6	0	0	4
Kevyttyövaate	1	5,0	0	0	1	5,0	3	8,0	0	0	5
Verstasvipperi	1	2,0	2	2,0	1	2,0	1	2,0	2	4,0	7
Kirjapainovipperi	2	2,0	0	0	1	2,0	5	4,0	0	0	8

Vedenkulutus		Pyykkiä	Koneellisia	Vedenkulutus	Ominaiskulutus	Pestyt kilot ovat keski-arvoja vuodelta -95.
		kg/kk	/päivä	l/koneellinen	l/kg	
Rullapyyhe	OK	96 390	7,5	3 200	16,00	
Kevyttyövaate	OK	46 573	4,3	3 380	33,80	
Verstasvipperi	2/3	33 373	7,8	3 500	17,50	
Kirjapainovipperi	1/3	16 686	3,9	5 100	25,50	

Pestyt vipperit yhteensä : 50 059 kg/kk OK Vipperien on oletettu jakautuvan 2/3 verstas- ja 1/3 kirjapainovippereihin. Uusia vippereitä ei ole huomioitu.

Puhtaan vedentarve		Lian ja kosteuden osuudet vähennetty vedenkulutuksesta.					Pyykin mukana vesi-kierrosta poistuva vesi	
Yksikkökoneet	Veden kulutus	Esipesu	Välihuuh	Pesu	Huuhtelut	Pyykin jäänöskosteus		
						m3/kk	%	
Rullapyyhe	1 542	0	0	212	1 330	29	30 %	
Kevyttyövaate	1 574	224	0	233	1 118	14	30 %	
Verstasvipperi	584	50	133	67	334	10	30 %	
Kirjapainovipperi	426	58	0	33	334	5	30 %	

Rullapyyhkeiden käyttämä huuhteluvesi : 1 350 m3/kk

Heittoa : 20 m3/kk eli 1,5 %

Vipperien vedenkulutus yhteensä :	1 010	m3/kk	RTV-putki :	16	30 %
Vipperien todellinen vedenkulutus :	1 020	m3/kk	Hotelli-putki :	37	30 %
Heittoa :	10	m3/kk eli 1,03 %	Yhteensä :	112	m3/kk

Jatkuvatoimiset pesukoneet

			Ominais-	Pyykin mukana tuleva lika ja kosteus				
			kulutus	Kosteus		Likaa		
Lajitelma:		Pyykkiä	Vedenkulutus					
		kg/kk	m3/kk	l/kg	%	m3/kk	%	kg/kk
Raskastyövaate	OK	54 756	768	14,02	20 %	10,95	0,52 %	285
Hotellitekstiili	OK	124 477	1 245	10,00	10 %	12,45	0,03 %	37

Koko pesulan luvut ilman veden kierrätystä.	Pyykkiä kg/kk	Vedenkulutus		Ominaiskulutus l/kg	Likaa kg/kk
	m3/kk	m3/d			
	372 255	6 138	285,5	16,49	6 352

Likamäärät on laskettu ilman swekoja ja öljynerotusta.

Lian määrä pestystä pyykistä : 1,71 %
g likaa / l vettä : 1,03

Teoreettinen vedenkulutus nykyisellä kierrätyksellä

Puhdasta vettä tarvitaan huuhteluihin seuraavasti.

	Huuhtelut kpl	Huuhteluvettä		Puhtaanveden osuus virtaamasta		Puhdasta vettä	
		m3/kk	l/kg		%	m3/kk	l/kg
Rullapyyhe	3	1 330	13,80	Raskastyövaate	100 %	768	14,02
Kevytyövaate	3	1 118	24,00	Hotellitekstiili	100 %	1 245	10,00

Puhdasta vettä tarvitaan yhteensä : 4 460 m3/kk eli 11,98 l/kg tekstiiliä
Laskennallinen veden säästö : 1 678 m3/kk eli 27,3 %

Todellinen kulutus : 5 530 m3/kk kokonais vedenkulutus
Keskiarvo -95 5 299 m3/kk pehmeä vesi
254 m3/kk kattila vesi
Pesuihin käytetyn veden määrä : 5 045 m3/kk eli 13,55 l/kg tekstiiliä
Erotus laskennalliseen arvoon nähden : 585 m3/kk eli heittoa on 13,11 %

Säästöä veden kulutuksessa : 1 093 m3/kk Vipperiin pesuihin on käytetty puhdasta
Kierrätysaste vs. kulutus ilman kierrätystä : 17,8 % vettä keskimäärin 33,7 m3/kk
Kun tämä vähennetään kokopesulan
käyttämästä vesimäärästä on heittoa :
551 m3/kk eli 12,35 %

Veden kierrätys

Veden tarve vipperiapuolella.

	kpl	m3/kk	l/kg
Pesut	5	209	4,17
Huuhtelut	10	801	16,00
Yhteensä :		1 010	

Rullapyyhkeistä tuleva vesi.

Ensisijaisesti vipperiapuolella käytetään rullien pesujan vettä.

	kpl	m3/kk
Pesut	1	183
Huuhtelut	3	1 301
Yhteensä :		1 484

Erotus : -475 m3/kk Eli kierrätysvettä on enemmän kuin on tarve.

Kevytyövaatteen huuhteluvedet ja osa rullien huuhteluvedestä ohjataan raskaantyövaatteen pesuun ja kevytyövaatteen sekä rullien pesuun.

Veden tarve			
	kpl	m3/kk	l/kg
RTV-putki	0 %	0	0,00
KTV-pesut	2	456	9,8
Rullien pesut	1	212	2,2
Yhteensä :		668	m3/kk

Tuleva vesi :		
	lkm	m3/kk
KTV:n huuhtelut :	3	1 104
Rullat - vipperi :		475
Yhteensä :		1 579 m3/kk

Erotus : -910 m3/kk Eli kierrätysvettä on enemmän kuin on tarve.

Veden kierrätystä voitaisiin lisätä nykyisellä järjestelmällä.

Kunnanviemäriin menevät jätevesimäärät

Tekstiilien jäännöskosteus vähennetään jätevesimääristä.

Lajitelmat, joilta kaikki vedet menevät kunnanviemäriin :

Vippereiltä menevät huuhteluvedet viemäriin ja muut vedet flotaatioon.

	jäännös kosteus		Viemäriin	
	m3/kk	m3/kk	m3/kk	Osuudet
Hotellitekstiilit	1 245	37	1 207	28,1 %
RTV-putki	768	16	751	17,5 %
Verstasvipperit	334	10	324	7,5 %
Kirjapainovipperit	334	5	329	7,7 %
Flotaatio	342	10	332	7,7 %
KTV:n pesut	456	14	442	10,3 %

Yhteensä : 3 386

Flotaatiossa poistuu vettä erotetun ongelmajätteen mukana : 50 %

Kierrätysveden ylijäämä 910

Ongelmajätteen määrä : 20 000 kg/kk
Poistuva vesimäärä : 10 m3/kk

	Osuus
Rullien huuhtelut	50 %
KTV:n huuhtelut	50 %

455	10,6 %
455	10,6 %

Yhteensä : 4 296 100 %

Heittoa laskennalliseen kulutukseen nähden : 43 m3/kk
(jäännöskosteuden määrä huomioitu) 1,0 %

Veden lisäkierrätyksen mahdollisuudet

Huuhteluiden vesimäärät kuukaudessa

	lkm	m3/huuhtelu
Rullapyyhe	3	443
Kevyttyövaate	3	373
Verstasvipperi	3	111
Kirjapainovipperi	5	67

Vipperit käyttävät jo nyt kierrätysvettä, joten veden lisäkierrätys vipperipuolella ei ole tarpeen.

Rullien ja KTV:n yhdet huuhtelut tarvitsevat vettä : 816 m3/kk

Kierrätysveden ylijäämä : 910 m3/kk

Erotus : 94 m3/kk

Kierrätysvettä riittäisi nykyiselläkin kierrätysjärjestelmällä käytettäväksi rullien ja KTV:n ensimmäisiin huuhteluihin. Lisäksi kierrätysvettä jää ylitse.

KTV:n huuhtelu :	373	m3/kk
Kierrätysveden ylijäämä :	94	m3/kk
Erotus :	-278	m3/kk

Kierrätysvesi ei riitä KTV:n toiseen huuhteluun.

Puhdasta vettä tarvittaisiin enää seuraavasti :

	Huuhtelut kpl	Huuhteluvettä		Puhtaanveden osuus virtaamasta %	Huuhteluvettä	
		m3/kk	l/kg		m3/kk	l/kg
Rullapyyhe	2	887	9,20	Raskastyövaate	100 %	768 14,02
Kevyttyövaate	2	745	16,00	Hotellitekstiili	100 %	1 245 10,00

Puhdasta vettä tarvitaan yhteensä : **3 644** m3/kk eli **9,79** l/kg vaatetta
Säästöä vedenkulutuksessa verrattuna
Nykyiseen kierrätykseen : **816** m3/kk eli **18,3 %**
Ilman kierrätystä : **2 494** m3/kk eli **40,6 %**

Tällöin muodostuu kunnanviemärin kuormitus seuraavasti :

	jäännös kosteus		Viemäriin		
	m3/kk	m3/kk	m3/kk	Osuudet	
Hotellitekstiilit	1 245	37	1 207	34,7 %	* jäännöskosteus flotaatiossa tarkoittaa erotetun ongelmajätteen mukana poistuvaa vesimäärää
RTV-putki	768	16	751	21,6 %	
Verstasvipperit	334	10	324	9,3 %	
Kirjapainovipperit	334	5	329	9,4 %	
Flotaatio	342	10	332	9,5 %	
KTV:n pesut	456	14	442	12,7 %	

Yhteensä : **3 386**

Kierrätysveden ylijäämä **94**

	Osuus	
Rullien huuhtelut	50 %	47 1,4 %
KTV:n huuhtelut	50 %	47 1,4 %

Yhteensä : **3 480** 100 %

Heittoa laskennalliseen kulutukseen nähden : **43** m3/kk
(jäännöskosteuden määrä huomioitu) **1,2 %**

Eri lajitelmien laskennalliset vedenkulutukset ja vedenkierrätys mahdollisuudet.
Laskelmat suoritettu joulukuun -95 arvoilla. Tällöin hotellitekstiilien peseminen oli jo siirretty muualle ja rullapyyhkeiden peseminen lisääntynyt.

Vedenkulutus		Pyykkiä kg/kk	Koneellisia /päivä	Vedenkulutus l/koneellinen	Ominaiskulutus l/kg	
Rullapyyhe	OK	132 984	10,3	3 182	15,91	Pestyt kilot ovat joulukuulta -95.
Kevyttyövaate	OK	47 946	4,5	3 380	33,80	
Verstasvipperi	2/3	29 867	6,9	3 500	17,50	
Kirjapainovipperi	1/3	14 933	3,5	5 100	25,50	

Pestyt vipperit yhteensä : 44 800 kg/kk OK

Puhtaan vedentarve	Lian ja kosteuden osuudet on vähennetty vedenkulutuksesta.					Pyykin mukana vesikierrosta poistuva vesi	
Yksikkökoneet	Veden kulutus m3/kk	Esipesu m3/kk	Välihuuh m3/kk	Pesu m3/kk	Huuhtelut m3/kk	Pyykin jäänöskosteus m3/kk	%
Rullapyyhe	2 116	0	0	293	1 823	40	30 %
Kevyttyövaate	1 621	230	0	240	1 151	14	30 %
Verstasvipperi	523	45	119	60	299	9	30 %
Kirjapainovipperi	381	52	0	30	299	4	30 %

Rullapyyhkeiden käyttämä huuhteluvesi : 1 824 m3/kk
Heittoa : 1 m3/kk eli 0,0 %

Vipperien vedenkulutus yhteensä : 903 m3/kk RTV-putki : 14 30 %
Vipperien todellinen vedenkulutus : 913 m3/kk Hotelli-putki : 0 30 %
Heittoa : 10 m3/kk eli 1,0 % Yhteensä : 82 m3/kk

Jatkuvatoimiset pesukoneet

Lajitelma:	Pyykkiä kg/kk	Vedenkulutus m3/kk	Ominais- kulutus l/kg	Pyykin mukana tuleva lika ja kosteus			
				Kosteus %	Likaa m3/kk	Likaa %	Likaa kg/kk
Raskastyövaate	OK 47 950	729	15,20	20 %	9,59	0,52 %	249
Hotellitekstiili	OK 0	0	10,0	10 %	0,00	0,03 %	0

Koko pesulan luvut ilman veden kierrätystä.	Pyykkiä kg/kk	Vedenkulutus m3/kk	Ominaiskulutus m3/d	Likaa kg/kk
	273 680	5 369	249,7	5 705

Likamäärät on laskettu ilman swekoja ja öljynerotusta.
Lian määrä pestystä pyykistä : 2,08 %
g likaa / l vettä : 1,06

Teoreettinen vedenkulutus nykyisellä kierrätyksellä

Puhdasta vettä tarvitaan huuhteluihin seuraavasti.

	Huuhtelut kpl	Huuhteluvettä		Puhtaanveden osuus virtaamasta		Huuhteluvettä	
		m3/kk	l/kg	%	%	m3/kk	l/kg
Rullapyyhe	3	1 823	13,71	Raskastyövaate	100 %	729	15,20
Kevyttyövaate	3	1 151	24,00	Hotellitekstiili	100 %	0	-

Puhdasta vettä tarvitaan yhteensä : 3 703 m3/kk eli 13,53 l/kg vaatetta
Laskennallinen veden säästö : 1 666 m3/kk eli 31,0 %

Todellinen kulutus : 4 779 m3/kk kokonais vedenkulutus
jou.95 4 497 m3/kk pehmeä vesi
158 m3/kk kattila vesi
Pesuihin käytetyn veden määrä : 4 339 m3/kk eli 15,85
Erotus laskennalliseen arvoon nähden : 636 m3/kk eli heittoa on 17,18 %

Säästöä veden kulutuksessa : **1 030** m³/kk
 Kierrätysaste vs. kulutus ilman kierrätystä : **19,2 %**

Vipperien pesuihin on käytetty puhdasta vettä joulukuussa **105** m³/kk
 Kun tämä vähennetään kokopesulan käyttämästä vesimäärästä on heittoa : eli **14,3 %**

531 m³/kk

Veden kierrätys

Veden tarve vipperipuolella.

	kpl	m ³ /kk	l/kg
Pesut	5	187	4,17
Huuhtelut	10	717	16,00
Yhteensä :		903	

Rullapyyhkeistä tuleva vesi.

Ensisijaisesti vipperipuolella käytetään rullien pesujen vettä.

	kpl	m ³ /kk
Pesut	1	253
Huuhtelut	3	1 783
Yhteensä :		2 036

Erotus : **-1 133** m³/kk Eli kierrätysvettä on enemmän kuin on tarve.

Kevyentyövaatteen huuhteluvedet ja osa rullien huuhteluvedestä ohjataan raskaantyövaatteen pesuun ja kevyentyövaatteen sekä rullien pesuun.

Veden tarve

	kpl	m ³ /kk	l/kg
RTV-putki	0 %	0	0,00
KTV-pesut	2	470	9,8
Rullien pesut	1	293	2,2

Yhteensä : **762** m³/kk

Tuleva vesi :

	lkm	m ³ /kk
KTV:n huuhtelut :	3	1 136
Rullat - vipperi :		1 133

Yhteensä : **2 269** m³/kk

Erotus : **-1 506** m³/kk Eli kierrätysvettä on enemmän kuin on tarve.

Veden kierrätystä voitaisiin lisätä nykyisellä järjestelmällä.

Kunnanviemäriin menevät jätevesimäärät

Tekstiilien jäännöskosteus vähennetään jätevesimäärästä.

Lajitelmat, joilta kaikki vedet menevät kunnanviemäriin :

	jäännös kosteus		Viemäriin	
	m ³ /kk	m ³ /kk	m ³ /kk	Osuudet
Hotellitekstiilit	0	0	0	0,0 %
RTV-putki	729	14	714	20,1 %
Verstasvipperit	299	9	290	8,1 %
Kirjapainovipperit	299	4	294	8,3 %
Flotaatio	306	10	296	8,3 %
KTV:n pesut	470	14	455	12,8 %

Yhteensä : **2 050**

Flotaatiossa poistuu vettä erotetun ongelmajätteen mukana : **50 %**

Kierrätysveden ylijäämä **1 506**

	Osuus
Rullien huuhtelut	50 %
KTV:n huuhtelut	50 %

Ongelmajätteen määrä : **20 000** kg/kk
 Poistuva vesimäärä : **10** m³/kk

753	21,2 %
753	21,2 %

Yhteensä : **3 556** **100 %**

Heittoa laskennalliseen kulutukseen nähden : **54** m³/kk
 (jäännöskosteuden määrä huomioitu) **1,5 %**

Veden lisäkierrätyksen mahdollisuudet

Huuhteluiden vesimäärät kuukaudessa

	lkm	m3/huhtelu
Rullapyyhe	3	608
Kevyttyövaate	3	384
Verstasvipperi	3	100
Kirjapainovipperi	5	60

Vipperit käyttävät jo nyt kierrätysvettä, joten veden lisäkierrätys vipperipuolella ei ole tarpeen.

Rullien ja KTV:n yhdet huuhtelut tarvitsevat vettä : 991 m3/kk

Kierrätysveden ylijäämä : 1 506 m3/kk

Erotus : 515 m3/kk Eli kierrätysvettä on tarpeeksi

Kierrätysvettä riittäisi nykyisellään kierrätysjärjestelmällä käytettäväksi rullien ja KTV:n ensimmäisiin huuhteluihin. Lisäksi kierrätysvettä jää ylitse.

KTV:n huuhtelu : 384 m3/kk

Kierrätysveden ylijäämä : 515 m3/kk

Erotus : 132 m3/kk Eli kierrätysvettä on tarpeeksi

Kierrätysvesi riittäisi käytettäväksi KTV:n toiseen huuhteluun.

KTV:n huuhtelu vaatii puhdasta vettä : 384 m3/kk

Kierrätysveden ylijäämä : 132 m3/kk

Erotus : -252 m3/kk Eli kierrätysvesi ei riitä.

Puhdasta vettä tarvittaisiin enää seuraavasti :

Huuhtelut		Huuhteluvettä		Puhtaanveden osuus virtaamasta		Huuhteluvettä	
	kpl	m3/kk	l/kg		%	m3/kk	l/kg
Rullapyyhe	2	1 215	9,14	Raskastyövaate	100 %	729	15,20
Kevyttyövaate	1	384	8,00	Hotellitekstiili	100 %	0	-

Puhdasta vettä tarvitaan yhteensä : 2 328 m3/kk eli 8,51 l/kg vaatetta

Säästöä vedenkulutuksessa verrattuna

Nykyiseen kierrätykseen : 1 375 m3/kk eli 37,1 %

Ilman kierrätystä : 3 041 m3/kk eli 56,6 %

Tällöin muodostuu kunnanviemärin kuormitus seuraavasti :

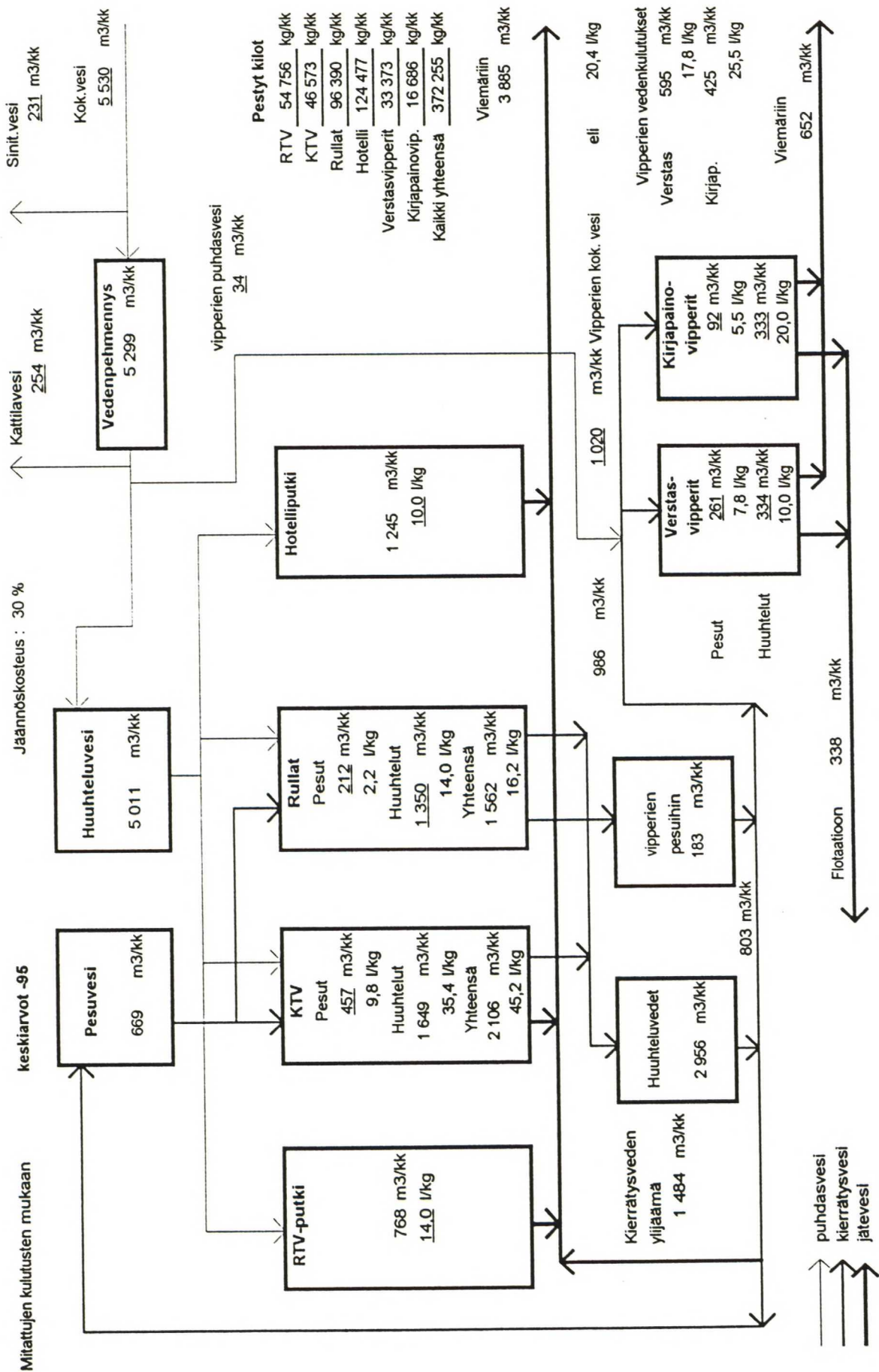
	jäännös kosteus		Viemäriin		
	m3/kk	m3/kk	m3/kk	Osuudet	
Hotellitekstiilit	0	0	0	0,0 %	* jäännöskosteus flotaatiossa tarkoittaa erotetun ongelmajätteen mukana poistuvaa vesimäärää
RTV-putki	729	14	714	32,8 %	
Verstasvipperit	299	9	290	13,3 %	
Kirjapainovipperit	299	4	294	13,5 %	
Flotaatio	306	10	296	13,6 %	
KTV:n pesut	470	14	455	20,9 %	

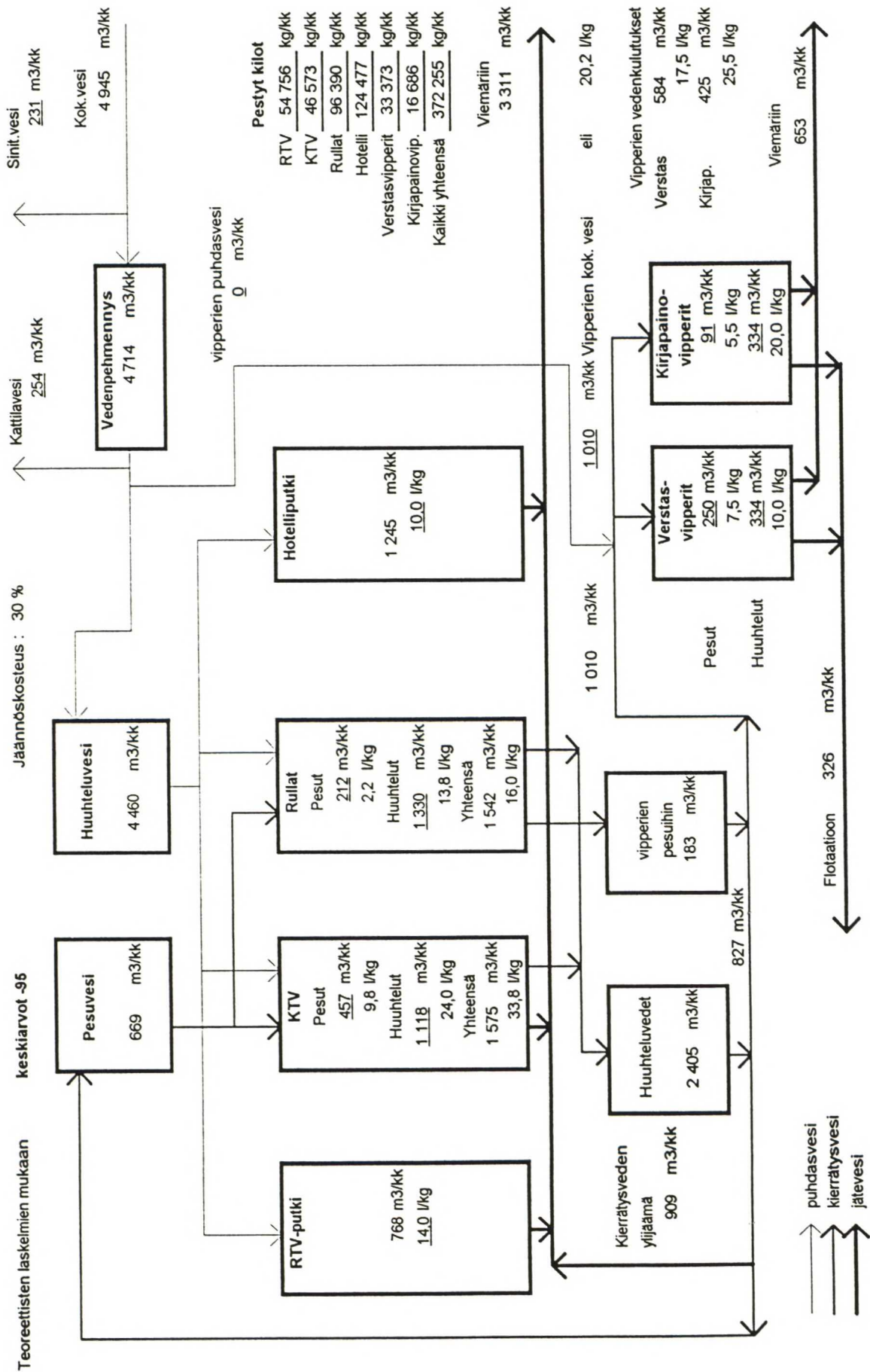
Kierrätysveden ylijäämä 132

Yhteensä : 2 050

Heittoa laskennalliseen kulutukseen nähden :
(jäännöskosteuden määrä huomioitu)

	Osuus		
Rullien huuhtelut	50 %	66	3,0 %
KTV:n huuhtelut	50 %	66	3,0 %
		54	2,3 %
Yhteensä :		2 181	100 %





Virhetarkastelu

Lämpötilan ja pH:n mittarin lukemataarkkuus oli 0,1 yksikköä.

Ravinteiden määrittelyn mittarin tarkkuus oli 0,01 mg/l. Lasketaan virhe pienimmän keskiarvon mukaan, 1,0 mg/l :

$$|dC/C| = |0,01 / 1,0| = 1,0 \%$$

Ravinteiden määrittelyn yhteydessä suurimmat virheet tulivat huomattavista laimennoksista. Seuraavassa taulukossa on esitetty laimennoksien virheet ja kokonaisvirheet :

	Näyte		Laimennus		Laimennus- kerroin	Virhe	Kokonais virhe
	dV ml	V ml	dV ml	V ml			
Koko pesula	0,05	10	2,0	90	10	2,7 %	3,7 %
RTV	0,05	10	2,0	90	10	2,7 %	3,7 %
Hotellitekstiili	0,05	25			1	0,2 %	1,2 %
Rullapyyhkeet							
pesu	2,0	50	2,0	50	2	4,0 %	5,0 %
huuhtelu	0,05	25			1	0,2 %	1,2 %
KTV							
esipesu	0,05	20	2,0	80	5	2,8 %	3,8 %
pesu	0,05	20	2,0	80	5	2,8 %	3,8 %
huuhtelu	0,05	25			1	0,2 %	1,2 %
Vipperit							
kaikki mitta-	0,05	2	2,0	98	50	4,5 %	
ukset	0,05	2,5	0,05	22,5	10	2,2 %	
					Yhteensä	6,8 %	7,8 %
Flotaatio							
sisään sama	kuin	vippereil	lä			6,8 %	7,8 %
ulos	0,05	5	2,0	95	20	3,1 %	4,1 %

Kiintoaine määrittelysten virheet :

Käytetyn vaa'an tarkkuus oli 1 mg.

$$|dka/ka| = |dm/m| \text{ suod.puhdas} + |dm/m| \text{ suod.likainen} + |dV/V|$$

$$= |1 / 500| + |1 / 500| + |2 / 60| = 3,7 \%$$

Hehkutusjäännöksen virheet :

$$|dhehk.j./hehk.j.| = |dm/m| \text{ upokas} + |dm/m| \text{ hehkutus} + |dV/V|$$

$$= |1 / 40906| + |1 / 10| + |2 / 60| = 13,3 \%$$

upokkaan painona on käytetty kevyintä upokasta.

BOD₇-määrittysten virheet

happimittarin tarkkuus 0,01 mg/l, pienimmät pitoisuudet 0,5 mg/l \Rightarrow max. virhe 2 %
lämpötilan virhe n. 10 %
ravinneliuosten virhe n. 6 %

Laimennusveden hapenkulutus oli 3,28 mg/l.

laimennoksista aiheutuneet virheet sekä kokonaisvirheet :

	Näyte		Laimennus		Laimennus- kerroin	Virhe
	dV ml	V ml	dV ml	V ml		
Kok.pesula, RTV ja KTV:n esipesu ja pesu	1,0	50	1,0	50	2	4,0 %
	0,05	3	2,0	297	100	2,3 %
					Kok. virhe	24 %
KTV:n huuhtelu, hotelli & rulla	1,0	50	1,0	50	2	4,0 %
	0,05	6	2,0	294	50	1,5 %
					Kok. virhe	24 %
Flotaatio sisään ja ulos	0,05	1	2,0	99	100	7,0 %
	0,05	6	2,0	294	50	1,5 %
					Kok. virhe	27 %

Hotellitiekstiilien jätevesistä mitattut haitta-aineet

	n	Min	X	Max	Keski- hajonta	Mittausvirheet % yksikköä	20.09 8:50	21.09 9:00	22.09 12:30	25.09 8:20	26.09 8:00
t/°C	5	44	53	60	6,5	0,1	52	44	60	51	58
pH	5	7,6	9,5	10,3	1,09	0,1	9,4	7,6	10,1	9,9	10,3
Kiintoaine mg/l	5	23	31	46	8,4	3,7 %	31	30	28	46	23
Hehkutusjäännös mg/l	2	4	8,4	13	6,2	13 %		13	-5 *	4,0	23 *
BOD ₇	2	139	176	213		24 %			139	213	
COD _{Cr}	5	434	480	540	40	1,2 %	468	434	540	465	493
PO ₄ -P	5	3,7	5,8	10,1	2,9	1,2 %	7,4	10,1	3,7	3,7	4,0
NO ₃ -N	5	1,6	2,0	2,5	0,4	1,2 %	2,5	1,6	2,0	1,7	2,3
NH ₃ -N	5	1,5	2,0	2,3	0,3	1,2 %	1,5	1,9	2,3	2,2	2,1

* Ei huomioida laskuissa

Rullapyyhkeiden jätevesistä mitattut haitta-ainepitoisuudet

	n				Keski-hajonta	Mittausvirheet %	yksikköä	25.09					26.09					27.09					28.09				
		Min	X	Max				valk.	valk.	valk.	sin.	valk.	1	2	3	4	5	valk.	valk.	valk.	sin.	valk.	1	2	3	4	5
t / °C	Pesu Huuhtelu	56 25	67 35	72 38	6,4 5,5		0,10	68 37	72 38	70 37	56 25	71 38															
pH	Pesu Huuhtelu	11,5 10,3	11,6 10,6	11,9 10,8	0,15 0,21		0,1	11,6 10,5	11,9 10,8	11,5 10,8	11,6 10,3	11,6 10,6															
Kiintoaine mg/l	Pesu Huuhtelu	89 33	99 58	112 78	9,5 19,1	3,7 % 3,7 %	3,7 2,1	105 78	101 65	90 54	112 33	89 118 *															
Hehkutusjäännös mg/l	Huuhtelu	2 6	14 10	26 12	8,8 2,9	13 % 13 %	1,8 1,3	2,0 6,4	10,5 12,0	17,0 -0,5 *	26,0 10,5	13,5 -5*															
BOD ₇	Pesu Huuhtelu	577 29	581 40	585 50		24 % 24 %	140 9,6	577 29	585 50																		
COD _{Cr}	Pesu Huuhtelu	908 186	1 033 323	1 250 567	188 212	5 % 1 %	52 4	942 567	908 217		1250 186																
PO ₄ -P	Pesu Huuhtelu	6,5 2,1	11,4 3,4	13,6 4,3	2,8 0,9	5 % 1 %	0,57 0,04	12,2 4,3	11,7 3,9	12,8 3,4	13,6 3,3	6,5 2,1															
NO ₃ -N	Pesu Huuhtelu	2,5 1,3	5,1 2,3	10,5 2,8	3,2 0,6	5 % 1 %	0,26 0,03	3,6 2,8	2,5 2,2	3,6 2,7	10,5 2,6	5,5 1,3															
NH ₃ -N	Pesu Huuhtelu	2,8 0,7	3,2 1,0	4,0 1,4	0,4 0,3	5 % 1 %	0,16 0,01	3,1 1,4	2,8 1,0	3,0 1,0	4,0 0,7	3,2 0,9															

* Ei huomioida laskuissa

Kevyentyövaatteen jätevesistä mitatut haitta-ainepitoisuudet.										Virheet		Ohjelma	20.09					21.09					22.09					25.09					26.09				
		n	Min		X	Max	Keski- hajonta	%	yksikköä				12	1	3	51	52	49	51	52	49	51	52	49	51	52	49	51	52	49	51	52	49	51			
t °C	Esipesu	5	49	51	52	52	1,2		0,1	52	51	52	51	52	49	51	52	49	51	52	49	51	52	49	51	52	49	51	52	49	51	52	49	51			
	Pesu	5	56	61	65	65	3,3		0,1	65	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62			
	Huuhtelu 1	5	25	29	38	38	5,4		0,1	27	38	25	38	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25			
pH	Esipesu	5	11,8	11,9	12,1	12,1	0,12		0,1	11,9	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8		
	Pesu	5	11,5	11,7	12,1	12,1	0,25		0,1	11,5	12,1	11,6	12,1	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6		
	Huuhtelu 1	5	9,4	10,1	11,3	11,3	0,74		0,1	9,4	11,3	10,0	11,3	10,0	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	
Kiintoaine mg/l	Esipesu	5	78,3	255,1	522,0	522,0	181	3,7 %	9,5	78,3	136,5	354,0	184,7	184,7	184,7	184,7	184,7	184,7	184,7	184,7	184,7	184,7	184,7	184,7	184,7	184,7	184,7	184,7	184,7	184,7	184,7	184,7	184,7	184,7	184,7	184,7	
	Pesu	5	33,5	113,1	261,0	261,0	97	3,7 %	4,2	33,5	57,0	162,7	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	
	Huuhtelu 1	5	7,0	26,5	43,0	43,0	17	3,7 %	1,0	9,8	39,5	7,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	
Hekikutus- jäännös, mg/l	Esipesu	4	7,5	27,6	44,0	44,0	15,2	13 %	3,7																												
	Pesu	3	4,0	9,3	14,0	14,0	5,0	13 %	1,2																												
	Huuhtelu 1	3	2,5	2,8	3,5	3,5	0,6	13 %	0,4																												
BOD ₇	Esipesu	2	1 243	1 281	1 319	1 319		24 %	307,5																												
	Pesu	2	817	1 010	1 203	1 203		24 %	242,5																												
	Huuhtelu 1	2	10	20	30	30		24 %	4,9																												
COD _{Cr}	Esipesu	5	2 120	4 522	6 930	6 930	1 701	3,8 %	172	4 595	2 120	6 930	4 460	4 460	4 460	4 460	4 460	4 460	4 460	4 460	4 460	4 460	4 460	4 460	4 460	4 460	4 460	4 460	4 460	4 460	4 460	4 460	4 460	4 460	4 460	4 460	
	Pesu	5	1 664	2 169	3 070	3 070	576	3,8 %	82	1 664	2 078	3 070	1 695	1 695	1 695	1 695	1 695	1 695	1 695	1 695	1 695	1 695	1 695	1 695	1 695	1 695	1 695	1 695	1 695	1 695	1 695	1 695	1 695	1 695	1 695	1 695	
	Huuhtelu 1	5	68	212	471	471	159	1,2 %	3	68	471	205	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
PO ₄ -P	Esipesu	4	17,9	23,1	25,4	25,4	3,5	3,8 %	0,88	25,1		25,4	17,9	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2	
	Pesu	5	2,2	13,3	20,2	20,2	7,3	3,8 %	0,51	10,7	2,2	19,0	14,7	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	
	Huuhtelu 1	5	0,04	1,7	2,8	2,8	1,1	1,2 %	0,02	0,04	2,8	1,2	1,9	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	
NO ₃ -N	Esipesu	5	8,1	18,0	25,5	25,5	7,3	3,8 %	0,68	14,7	8,1	24,9	16,9	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	
	Pesu	5	5,1	9,1	15,7	15,7	4,2	3,8 %	0,34	6,3	5,1	10,1	8,2	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	
	Huuhtelu 1	4	0,6	1,1	1,5	1,5	0,4	1,2 %	0,01	0,6	23,9 *	1,1	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
NH ₃ -N	Esipesu	5	12,5	21,6	47,0	47,0	15,0	3,8 %	0,82	12,5	12,5	47,0	12,5	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	
	Pesu	5	11,0	12,8	16,3	16,3	2,1	3,8 %	0,49	11,2	12,5	16,3	11,0	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	
	Huuhtelu 1	5	0,8	1,8	3,3	3,3	1,0	1,2 %	0,02	0,8	2,5	3,3	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	

* Ei huomioida laskuissa

Miner.ölj.		Öljyt ja rasvat	
mg/l		mg/l	
4		370	

Metallipitoisuuksia		Fe		Cd		Cu		Ni		Pb		Cr	
mg/l		1,640		0,0002		0,520		0,043		0,122		0,022	

Raskaantyyövaatteen pesuputken jätevesistä mitatut haitta-ainepitoisuudet.

	n	Min	X	Max	Keski- hajonta	Mittausvirheet % yksikköä	20.09 8:30	21.09 8:55	25.09 8:08	26.09 9:25	27.09 8:30	3.10 9:45
t / °C	6	35	51	65	10,0	0,1	48	53	65	50	35	58
pH	5	11,1	11,4	11,6	0,22	0,1	11,1	11,5	11,5	11,6	11,2	
Kiintoaine mg/l	5	179	315	458	100	3,7 %	334,7	318,3	179,1	286,7	457,5	
Hehkutusjäännös mg/l	5	105	226	440	129	13 %	236,7	159,2	105,5	190	440	
BOD7	2	1 211	1 232	1 253		24 %		1 253	1 211			
CODCr	4	3 130	3 173	3 250	54	3,7 %	3 170	3 250	3 130	3 140		
PO4-P	4	13,0	45,4	63,4	24	3,7 %	13,0		41,7	63,3	63,4	
NO3-N	5	11,9	16,9	24,8	5,0	3,7 %	13,4	11,9	16,4	24,8	18,2	
NH3-N	5	11,3	16,0	18,7	2,8	3,7 %	15,6	17,5	16,8	18,7	11,3	

Metallipitoisuuksia	Fe	Cd	Cu	Ni	Pb	Cr
mg/l	14,100	0,038	3,580	0,486	0,419	0,147

Mineraali öljyt	Öljyt ja rasvat
mg/l	mg/l
190	650

Verstasvippereiden jätevesistä mitatut haitta-ainepitoisuudet.

	n	Min	X	Max	Keski- hajonta	Mittausvirheet % yksikköä	28.09 1	29.09 2	2.10 3	3.10 4	4.10 5
t / °C											
Esipesu	5	56	67	72	6,4	0,1	56	69	70	70	72
Pesu	4	67	69	72	2,4	0,1		67	72	68	70
1. huuhtelu	5	51	56	59	3,1	0,1	51	55	57	58	59
pH											
Esipesu	4	11,4	11,6	11,9	0,24	0,1	11,9	11,4	11,5		11,4
Pesu	3	11,6	11,7	11,8	0,10	0,1		11,7	11,8		11,6
1. huuhtelu	4	11,2	11,4	11,5	0,14	0,1	11,5	11,4	11,5		11,2
Kiintoaine mg/l											
	2	3 996	5 903	7 810	2 697	3,7 %	3 996	7 810			
Pesu	1		2 200			3,7 %		2 200			
1. huuhtelu	2	412	777	1 142	516	3,7 %	412	1 142			
Hekutusjäännös mg/l											
	2	996	1 230	1 465	332	13 %	996	1465			
Pesu	1		500			13 %		500			
1. huuhtelu	2	266	294	322	39	13 %	266	322			
COD _{Cr}											
Esipesu	2	75 000	75 250	75 500	354	7,8 %	75 000	75 500			
Pesu	1		75 500			7,8 %		75 500			
1. huuhtelu	1		10 650			7,8 %	10 650				
PO4-P											
Esipesu	4	1 500	1 770	1 995	205	7,8 %	1500	1820	1765	1995	
Pesu	3	445	497	565	62	7,8 %		480	565	445	
1. huuhtelu	4	108	199	330	94	7,8 %	108	330	175	185	
NO3-N											
Esipesu	4	955	1 443	1 841	438	7,8 %	955	1193	1784	1841	
Pesu	3	443	485	534	46	7,8 %		443	534	477	
1. huuhtelu	4	148	216	250	48	7,8 %	148	216	250	250	
NH3-N											
Esipesu	2	430	528	625	138	7,8 %	625	430			
Pesu	1		165			7,8 %		165			
1. huuhtelu	2	100	148	195	67	7,8 %	195	100			

Metallipitoisuuksia	Mineraali öljyt	
	Vipperi pesut	Öljyt ja rasvat
	Vipperi huuht.	
Pesut, mg/l	13 000	14 000 mg/l
1. huuhtelu, mg/l	3 800	4 300 mg/l

	Fe	Cd	Cu	Ni	Pb	Cr
110,00	0,130	5,280	0,760	3,250	0,589	
72,000	0,054	3,540	0,575	2,340	0,358	

Kirjapainovipperien jätevesistä mitatut haitta-ainepitoisuudet

	n	Min	X	Max	Keski- hajonta	Mittausvirheet % yksikköä	28.09 1	29.09 2	2.10 3	3.10 4
t / °C	4	52	61	67	6,6	0,1	63	62	67	52
Pesu	4	58	64	70	5,0	0,1	58	63	70	64
1. huuhtelu	4	49	52	56	3,6	0,1	49	49	56	55
pH	3	9,5	10,3	11,2	0,86	0,1	9,5	11,2	10,1	
Pesu	3	10,1	10,8	11,6	0,75	0,1	10,1	11,6	10,8	
1. huuhtelu	3	10,0	10,6	11,1	0,56	0,1	10,0	11,1	10,7	
Kiintoaine mg/l	2	1 015	1 278	1 540	371	3,7 %	1 540	1 015		
Pesu	2	825	1 844	2 863	1 441	3,7 %	2 863	825		
1. huuhtelu	2	333	423	513	127	3,7 %	513	333		
Hekutusjäännö mg/l	2	260	285	310	35	13 %	310	260		
Pesu	1		697			13 %	697	-6 *		
1. huuhtelu	1		133			13 %	-10 *	133		
COD _{Cr}	2	36 000	55 500	75 000	27 577	7,8 %	75 000	36 000		
Pesu	2	36 000	55 500	75 000	27 577	7,8 %	75 000	36 000		
1. huuhtelu	1		30 550			7,8 %	30 550			
PO4-P	4	375	1 355	1 855	669	7,8 %	1 500	1 855	1 690	375
Pesu	4	810	1 070	1 500	326	7,8 %	1 500	1 145	810	825
1. huuhtelu	4	210	296	355	66	7,8 %	339	355	280	210
NO3-N	4	545	1 386	1 943	611	7,8 %	1 705	1 352	1 943	545
Pesu	4	739	1 085	1 920	560	7,8 %	1 920	739	795	886
1. huuhtelu	4	318	393	545	103	7,8 %	358	318	545	352
NH3-N	2	475	550	625	106	7,8 %	625	475		
Pesu	2	280	453	625	244	7,8 %	625	280		
1. huuhtelu	2	155	235	315	113	7,8 %	315	155		

Metallipitoisuuksia	Fe	Cd	Cu	Ni	Pb	Cr
Pesut, mg/l	4,400	0,134	13,730	0,087	1,150	0,106
1. huuhtelu, mg/l	2,600	0,036	9,950	0,051	0,580	0,056

vipperille tuleva pesuvesi
liuotinuutto kloroformilla
Näytteet otettu 8.9.1995

Tunnistetun yhdisteen nimi ja pitoisuus	mg/L vettä
1-etyyli-4-etyylisykloheksaani	23,0
2,2-dimetyylisykloheksanoni	0,0
1,1,3-trimetyylisykloheksaani	0,2
1,2,4-trimetyylibentseeni	1,9
1-metyyli-2-propyylibentseeni	4,7
1,2,3-trimetyylibentseeni	23,6
Dekahydronaftaleeni	0,2
4-metyylidekaani	0,3
1,2,4-trimetyylisykloheksaani	33,1
Trans-dekahydronaftaleeni	1,9
3,7-dimetyylioktanaali	17,2
1-metyyli-2-propyylibentseeni	89,4
2-etyyli-1,4-dimetyylibentseeni	46,1
Setyylipyridiniumkloridi	410,4
Dekahydro-2-metyylinaftaleeni	2,6
1,2,3,4-tetrametyylibentseeni	47,9
2,6,10-trimetyylidodekaani	0,9
4-metyyli-4-undeseeni	23,6
Dodekaani	185,9
2,6-dimetyyliundekaani	1,7
17-hexadekyylitetraakontaani	33,1
3,7,11-trimetyyli1-dodecanoli	16,2
Heksvylisykloheksaani	0,6
4-metyylidodekaani	265,4
Tridekaani	171,6
7-metyylitridekaani	236,2
2-metyylitridekaani	89,7
Tetradekaani	236,9
9-oktyyliheptadekaani	23,6
Pentadekaani	619,9
Heksadekaani	236,3
Fosforihapon tributyylisteri	1715,8
Heptadekaani	17,2
2,6-dimetyyliheptadekaani	16,4
Oktadekaani	47,7
2,6,10,14-tetrametyyliheksadekaani	187,7
Nonadekaani	115,3
Eikosaani	236,2
1,7,11-trimetyylisyklotetradekaani	0,9
7,9-dimetyyliheksadekaani	17,1
2,6,10,14,18-pentametyylielikosaani	332,4
Bis(2-etyyliheksyyli)ftalaatti	477,8
Triakosaani	572,6
Tetrakosaani	170,9
Pentakosaani	68,6
Heksakosaani	71,6
Tunnistettujen yhdisteiden pitoisuuksien summa	6892,0
Kaikkien öljyperäisten yhdisteiden summa	26072,6
Havaittuja tensidejä ja pesuaineiden komponentteja:	
Primäärisiä rasvahappoetoksylaatteja	
Isopropanolii	
Setyyliammoniumkloridia/bromidi	

Kunnanviemärin liittymästä mitatut haitta-ainepitoisuudet

	n	Min	X	Max	Keski- hajonta	Mitt.virheet % yks.	19.09 15:15	20.09 11:10	21.09 9:25	22.09 12:40	25.09 9:45	26.09 10:30	27.09 10:00	28.09 10:20	29.09 10:55	3.10
t / °C	11	21	33	47	8,9	0,1	35	36	33	24	44	47	21	38	37	21
pH	10	5,6	8,7	11,6	2,5	0,1	5,6	6,2	10,3	7,1	11,4	11,6	5,6	11,1	10,6	7,3
Kiintoaine mg/l	9	6	154	559	185	3,7 %	5,6	18,5	31,7	47,3	208,1	246,3	10,0	559,0	257,3	
Hekutusjäännö mg/l	5	4	92	193	91	13 %	-6,4 *	-4,7*	4,0	80,6	192,7	4,7	177,3			
BOD ₇	3	1 233	1 250	1 277		24 %	1233	1 239		1 277						
COD _{Cr}	7	1 550	4 773	6 620	1 622	3,7 %	4 450	5 350	1 550	4 560	6 620	5 990	4 890			
PO ₄ -P	10	0,5	55,7	150,0	47	3,7 %	2,9	0,5	1,2	150,0	66,6	86,0	49,9	66,3	90,3	43,5
NO ₃ -N	10	9,9	43,8	72,3	22	3,7 %	34,2	31,6	9,9	36,6	65,7	66,6	33,4	72,3	68,2	19,8
NH ₃ -N	9	9,3	17,2	24,0	5,3	3,7 %	12,5	12,5	9,3	16,8	22,4	24,0	14,7	21,4	21,7	

* Ei huomioida laskuissa

Metallipitoisuuksia mg/l	Fe	Cd	Cu	Ni	Pb	Cr
	5,020	0,015	1,670	0,152	0,227	0,052

Miner. öljyt mg/l	Öljyt & rasvat mg/l
550	830

Flotaatioon tulevasta ja poistuvasta jätevedestä suoritettut mittaukset

		n	Min.	X	Max.	Keski- hajonta	Mittaus virh. % yksik.	13.09	14.09	15.09	27.09	28.09	29.09	2.10	3.10
t / °C	sis. ulos	4 5	50 22	52 23	54 26	1,9 1,4	0,1 0,1								
pH	sis. ulos	5 4	9,1 3,7	10,3 3,9	11,2 4,1	0,8 0,2	0,1 0,1			10,9	9,1 3,7	11,2 3,9	10,1 3,8	10,3 4,1	
Kiintoaine mg/l	sis. ulos	4 3	813 14	1 219 21	1 698 28	370 7,2	3,7 % 3,7 %	45,5 0,77		1 096	1 269	1 698	813 14		
Hehkutusjäännös	sis. ulos	2 2	314 9	320 13	325 18	7,7 6,9	13 % 13 %	42,6 1,8		314		-2 *	9 18		
BOD ₇	sis. ulos	2 2	31 122 28 122	31 322 28 847	31 522 29 572		27 % 27 %	8 457 7 789				31 122 28 122	31 522 29 572		
COD _{cr}	ulos	2	14 480	21 470	28 460		9 885 4,1 %	880			14 480	28 460			
PO ₄ -P	sis. ulos	4 4	900 63	1 931 80	4 350 101	1 634 16	7,8 % 4,1 %	151 3,3				1 500 63	900 80	975 76	4 350
NO ₃ -N	sis. ulos	4 4	761 20	858 85	1023 256	121 114	7,8 % 4,1 %	67 3,5				761 35	773 29	1 023 20	875
NH ₃ -N	sis. ulos	2 3	280 13	413 29	545 52	187 20	7,8 % 4,1 %	32 1,2				545 21	280 52		13

* Ei huomioida laskuissa

	Fe	Cd	Cu	Ni	Pb	Cr	Zn
Flotaatio sisään, mg/l	48,00	0,090	10,950	0,324	10,27	0,43	17,00
Flotaatio ulos, mg/l	25,00	0,101	6,190	0,759	0,14	0,21	14,30

Mineraaliöljyt		Öljyt ja rasvat	
sis.	13 000	14 000	mg/l
ulos.	150	220	mg/l

Jätevesi viemäriin Keskiarvot/kk 95

	Tekstiiliä kg/kk	Vettä m3/kk	Kiintoainepit. mg/l	CODcr mg/l	BOD7 mg/l
Koko pesula	372 255 372 225 100 %	5 045 4 295 100 %	154 134,9 12 %	4 800 4 305 10 %	1 250 2 617 -109 %
RTV-putki	54 756 14,7 %	751 17,5 %	Mitattu	Mitattu	Mitattu
Hotelli-putki	124 477 33,4 %	1 207 28,1 %	315 40,8 %	560 13,0 %	1 230 215 8,2 %
Kevytyövaate			31 8,7 6,5 %	135 3,1 %	180 51 1,9 %
Esipesu	46 573 12,5 %	221 5,1 %	255 13,1 9,7 %	232 5,4 %	1 280 66 2,5 %
Pesu	0,0 %	221 5,1 %	113 5,8 4,3 %	113 2,6 %	1 010 52 2,0 %
Huuhtelut	0,0 %	455 10,6 %	26 1,4 1,0 %	200 11 0,2 %	20 1 0,0 %
Verstasvipperit					
Huuhtelu 1-3	33 373 9,0 %	324 7,5 %	777 29,3 21,7 %	404 9,4 %	0 0,0 %
Kirjapainovipperit					
Huuhtelu 1-3	16 686 4,5 %	329 7,7 %	423 16,2 12,0 %	1 172 27,2 %	0 0,0 %
Öljynerotus					
ulos		332 7,7 %	21 1,6 1,2 %	1 662 38,6 %	28 850 2 230 85,2 %

Huuhtelujen laimennuskertoin : 2,00

Muut lajitelmät

Rullat, Pesut	96 360 25,9 %	0 0,0 %	99 0,00 0,0 %	1 000 0,00 0,0 %	580 0,00 0,0 %
Huuhtelut		455 10,6 %	70 3,71 2,7 %	300 15,89 0,4 %	40 2,12 0,1 %

Pesula 2	87,81 65,1 %	1 066 24,8 %	387 14,8 %
Pesula 3	47,13 34,9 %	3 238 75,2 %	2 230 85,2 %

	PO4-P mg/l	NO3-N mg/l	NH3-N mg/l	Mineraaliöljyt mg/l	Öljyt ja rasvat mg/l
Koko pesula	56 37 35 % Eroa	44 31 29 % Eroa	17 22 -30 % Eroa	550 334 39 % Eroa	830 496 40 % Eroa
RTV-putki	Mitattu 45 7,87 21,5 %	Mitattu 17 2,97 9,5 %	Mitattu 16 2,80 12,6 %	Mitattu 190 33,22 9,9 %	Mitattu 650 114 22,9 %
Hotelli-putki	5,8 1,63 4,4 %	2 0,56 1,8 %	2 0,56 2,5 %	0,00 0,0 %	0,0 0,0 %
Kevytyövaate					
Esipesu	23 1,18 3,2 %	18 0,93 3,0 %	22 1,13 5,1 %	4 0,21 0,1 %	370 19,0 3,8 %
Pesu	13 0,67 1,8 %	9,1 0,47 1,5 %	13 0,67 3,0 %	4 0,21 0,1 %	370 19,0 3,8 %
Huuhdelut	1,7 0,09 0,2 %	5,7 0,30 1,0 %	1,8 0,10 0,4 %	0,00 0,0 %	0,0 0,0 %
Verstasvipperit					
Huuhdelu 1-3	199 7,51 20,5 %	216 8,15 26,1 %	148 5,58 25,2 %	3 800 143,33 42,9 %	4 300 162,2 32,7 %
Kirjapainovipperit					
Huuhdelu 1-3	296 11,34 30,9 %	393 15,1 48,2 %	235 9,00 40,7 %	3 800 145,54 43,6 %	4 300 164,7 33,2 %
Öljynerotus ulos	80 6,18 16,9 %	35 2,71 8,7 %	29 2,24 10,1 %	150 11,59 3,5 %	220 17,01 3,4 %

Muut lajitelmät

Rullat, Pesut	11 0,00 0,0 %	5,1 0,00 0,0 %	3,2 0,00 0,0 %	0,00 0,0 %	0,00 0,0 %
Huuhdelut	3,4 0,18 0,5 %	2,3 0,12 0,4 %	1,0 0,05 0,2 %		

Pesula 2	11,6 31,7 %	5,4 17,1 %	5,3 24,0 %	33,6 10,1 %	151,7 30,6 %
Pesula 3	25,0 68,3 %	25,9 82,9 %	16,8 76,0 %	300,5 89,9 %	343,9 69,4 %

	Vettä	m3/kk	Fe	mg/l	Eroa	Cd	mg/l	Eroa	Cu	mg/l	Eroa	Ni	mg/l	Eroa
Koko pesula	5 045 4 295	61,3 %	5,02 Mitattu	7,38	-47 %	0,015 Mitattu	0,018	-19 %	1,67 Mitattu	1,67	0 %	0,152 Mitattu	0,172	-13 %
RTV-putki	751	17,5 %	14,10	2,465	33 %	0,038	0,007	37 %	3,580	0,626	37 %	0,486	0,085	49,5 %
Kevyttyövaate	221	5,15 %	1,64	0,084	1,1 %	2E-04	0,0000	0,06 %	0,52	0,027	1,6 %	0,043	0,002	1,3 %
Esipesu	221	5,15 %	1,64	0,084	1,1 %	2E-04	0,0000	0,06 %	0,52	0,027	1,6 %	0,043	0,002	1,3 %
Pesu	455	10,59 %	0,000	0,000	0,0 %	0,0000	0,0000	0,0 %	0,000	0,000	0,0 %	0,000	0,000	0,0 %
Huuhtelut														
Verstasvipperit														
Huuhtelu 1-3	324	7,54 %	72,00	2,716	37 %	0,054	0,0020	11 %	3,54	0,134	8,0 %	0,575	0,0217	12,6 %
Kirjapainovipperit														
Huuhtelu 1-3	329	7,66 %	2,60	0,100	1,3 %	0,036	0,0014	7,7 %	9,95	0,381	23 %	0,051	0,0020	1,1 %
Öljynerotus														
ulos	332	7,73 %	25,00	1,932	26 %	0,101	0,008	44 %	6,19	0,478	29 %	0,759	0,059	34,2 %

	Fe	Cd	Cu	Ni
Pesula 2	2,634	0,038	0,679	0,089
Pesula 3	4,748	0,191	0,993	0,082
Pesula 2	35,7 %	16,7 %	40,6 %	52,1 %
Pesula 3	64,3 %	83,3 %	59,4 %	47,9 %

	Pb mg/l	Cr mg/l	Zn mg/l
Koko pesula	0,227 Mitattu	Eroa 9 % 0,060 Mitattu	Eroa 19 % 2,32 Mitattu
RTV-putki	0,419	0,073	35,4 %
Kevytyövaate			
Esipesu	0,122	0,006	3,0 %
Pesu	0,122	0,006	3,0 %
Huuhtelut	0,000	0,000	0,0 %
Verstasvipperit			
Huuhtelu 1-3	2,34	0,088	42,6 %
Kirjapainovipperit			
Huuhtelu 1-3	0,58	0,022	10,7 %
Öljynerotus ulos	0,139	0,011	5,2 %
		0,212	0,016
		27,3 %	14,3
			1,105
			47,7 %

	Pb	Cr	Zn
Pesula 2	0,086	0,028	0,722
Pesula 3	0,121	0,032	1,597
Pesula 2	41,5 %	46,6 %	31,1 %
Pesula 3	58,5 %	53,4 %	68,9 %

Metallipitoisuudet

	Fe		Cd		Cu		Ni	
	-95 k.arv mg/l	-96 ennust. Lisä kier. mg/l	-95 k.arv. mg/l	-96 ennust. Lisä kier. mg/l	-95 k.arv. mg/l	-96 ennust. Lisä kier. mg/l	-95 k.arv. mg/l	-96 ennust. Lisä kier. mg/l
Koko pesula	7,38	8,17 13,31	0,0179	0,0198 0,0322	1,673	1,857 3,027	0,172	0,192 0,313
RTV-putki	2,47	2,83 4,62	Kunnanviemäriin tulevat osuudet 0,0066 0,0076 0,0124		0,626	0,719 1,172	0,085	0,098 0,159
Kevyttyövaat								
Esipesu	0,08	0,11 0,17		1,03E-05 1,28E-05 2,09E-05	0,027	0,033 0,054	0,002	0,003 0,004
Pesu	0,08	0,10 0,17		1,03E-05 1,28E-05 2,08E-05	0,027	0,033 0,054	0,002	0,003 0,004
Huhtelut	0	0 0	0 0 0	0	0	0 0	0	0 0
Verstasvippe								
Huhtelu	2,72	2,94 4,79	0,0020	0,0022 0,0036	0,134	0,144 0,235	0,022	0,023 0,038
Kirjapainovi								
Huhtelu	0,10	0,11 0,18	0,0014	0,0015 0,0024	0,381	0,411 0,671	0,002	0,002 0,003
Öljynerotus								
ulos	1,93	2,08 3,39	0,0078	0,0084 0,0137	0,478	0,515 0,840	0,059	0,063 0,103

	Pb		Cr		Zn	
	-95 k.arv mg/l	-96 ennust. Lisä kier. mg/l	-95 k.arv. mg/l	-96 ennust. Lisä kier. mg/l	-95 k.arv. mg/l	-96 ennust. Lisä kier. mg/l
Koko pesula	0,207	0,231 0,376	0,060	0,067 0,109	2,319	2,556 4,167
RTV-putki	0,073	0,084 0,137	0,026	0,030 0,048	0,668	0,767 1,251
Kevyttyövaat						
Esipesu	0,006	0,008 0,013	0,001	0,001 0,002	0,027	0,034 0,055
Pesu	0,006	0,008 0,013	0,001	0,001 0,002	0,027	0,033 0,054
Huhtelut	0	0 0	0 0 0	0	0	0 0
Verstasvipperit						
Huhtelu	0,088	0,095 0,156	0,014	0,015 0,024	0,345	0,373 0,608
Kirjapainovipperit						
Huhtelu	0,022	0,024 0,039	0,002	0,002 0,004	0,147	0,159 0,259
Öljynerotus						
ulos	0,011	0,012 0,019	0,016	0,018 0,029	1,105	1,191 1,941

Jäteveden hinnan muodostuminen

Tilanne -95

	Vesi m3/kk	CODcr mg/l	PO4-P mg/l	N mg/l	Kiintoaine mg/l	Kustannukset		
						mk/m3	mk/kk	mk/vuosi
Pesula 2	3 310	1 383	15	14	114	8,52	28 203	338 437
RTV-putki	751	3 200	45,0	33,0	315	13,39	10 059	120 708
Hotelli-putki	1 207	480	5,8	4,0	31	6,55	7 907	94 887
Rullapyyhkeet								
Huuhtelut	455	300	3,4	3,3	70	6,25	2 846	34 147
Kevyttyövaate								
Esipesu	221	4 500	23,0	40,0	255	12,91	2 853	34 235
Pesu	221	2 200	13,0	22,1	113	9,34	2 064	24 763
Huuhtelut	455	200	1,7	7,5	26	5,81	2 645	31 745
Koko KTV	897	1 701	9,3	17,2	97	6,97	6 249	74 994
Pesula 3	985	14 117	109	186	206	32,92	32 426	389 111
Verstasvipperit								
Huuhtelu	324	10 700	199	364	777	25,11	8 136	97 626
Kirjapainovipperit								
Huuhtelu	329	30 600	296	628	423	41,71	13 724	164 685
Öljynerotus								
ulos	332	21 500	80	64	21	31,83	10 567	126 800
Koko pesula	4 295	4 303	37	53	135	14,12	60 629	727 549

Jäteveden kuutiohinta on laskettu jäteveden hinnan laskukaavalla käyttäen seuraavia kertoimia :

q/Q	=	1	c 1	=	0,2		
BOD	=	200	c 2	=	0,2	a =	0,39
P	=	8	c 3	=	0,2	K =	8,00
N	=	25	c 4	=	0,3		
S	=	190	c 5	=	0,1		

Kertoimet otettu Hml:n teknisen viraston raportista :
"Poikkeavat jäteveden käyttömaksut" 3.8.1993

Huuhteluiden laimennuskerroin : 2,00

Pesulan 2 ja 3 sekä kummastakin pesulasta muodostuva "koko pesulan" kuormituksen pitoisuudet on laskettu painottamalla mittaustulokset laskennallisilla virtaamilla.

Mittaustuloksista on käytetty CODcr arvoja BOD7:n sijaan. CODcr arvot on jaettu 3,8:lla, jotta ne saadaan vastaamaan BOD7 arvoja.

		Flotaatio	UF	Haihdutin	Bioreaktori
Investointikustannukset		750 000	1 500 000	1 500 000	1 945 000
Virtaama :	m3/d	25	25	30	30
250 d/a	m3/a	6 250	6 250	7 500	7 500
Muuttuvat kustannukset					
kemikaalit	kg/kk	800		0	700
1,50 mk/kg	mk/a	14 400	7 000		10 000
sähkö	kWh/m3	28	20	9,5	60
0,31 mk/kWh	mk/a	54 250	38 750	22 088	139 500
	tunnit/päivä	1,5	1,5	0,0	0,0
palkat	mk/a	28 800	28 800	0	0
kunnossapito, % investoin.				5 %	5 %
	mk/a	9 600	27 000	75 000	97 250
Yhteensä	mk/a	107 050	101 550	97 088	246 750
	mk/m3	17,13	16,25	12,95	32,90
Erotetun konsentraatin käsittely					
osuus		4,0 %	1,0 %	2,0 %	0,5 %
Määrä	m3/a ~ t/a	250	63	150	38
Hinta	mk/l	1,68	1,68	1,68	1,68
	mk/m3	1 683	1 683	1 683	1 683
	mk/a	420 750	105 188	252 450	63 113
1,80 mk/l	mk/m3	67,32	16,83	33,66	8,42
6,5 % alennus					
1,68					
Jäteveden hinta					
	mk/m3	12,38	12,38	12,38	12,38
	mk/a	77 375	77 375	92 850	92 850
Kaikki muuttuvat kustannukset yhteensä					
	mk/a	605 175	284 113	442 388	402 713
	mk/m3	96,83	45,46	58,99	53,70
Investointi + muuttuvat.					
	mk/m3	1 355 175	1 784 113	1 942 388	2 347 713
		216,83	285,46	258,99	313,03
jäännösarvot					
10 %		75 000	150 000	150 000	194 500

Nykyarvomenetelmä		Flotaatio	UF	Haihdutin	Bioreaktori
Korko	7 %	Pitoaika	2 vuotta		
vuotuisten menojen nykyarvo		1 094 167	513 681	799 845	728 112
+ hankintameno		1 844 167	2 013 681	2 299 845	2 673 112
- jäännösarv. nykyarvo		65 508	131 016	131 016	169 884
Yhteensä		1 778 659	1 882 665	2 168 829	2 503 228
mk/m3		142,29	150,61	144,59	166,88
		Pitoaika	4 vuotta		
vuotuisten menojen nykyarvo		2 049 856	962 349	1 498 460	1 364 072
+ hankintameno		2 799 856	2 462 349	2 998 460	3 309 072
- jäännösarv. nykyarvo		57 217	114 434	114 434	148 383
Yhteensä		2 742 638	2 347 915	2 884 026	3 160 689
mk/m3		109,71	93,92	96,13	105,36
		Pitoaika	6 vuotta		
vuotuisten menojen nykyarvo		2 884 591	1 354 233	2 108 658	1 919 545
+ hankintameno		3 634 591	2 854 233	3 608 658	3 864 545
- jäännösarv. nykyarvo		49 976	99 951	99 951	129 604
Yhteensä		3 584 615	2 754 282	3 508 706	3 734 942
mk/m3		95,59	73,45	77,97	83,00
		Pitoaika	8 vuotta		
vuotuisten menojen nykyarvo		3 613 681	1 696 521	2 641 628	2 404 717
+ hankintameno		4 363 681	3 196 521	4 141 628	4 349 717
- jäännösarv. nykyarvo		43 651	87 301	87 301	113 201
Yhteensä		4 320 030	3 109 219	4 054 326	4 236 516
mk/m3		86,40	62,18	67,57	70,61
		Pitoaika	10 vuotta		
vuotuisten menojen nykyarvo		4 250 496	1 995 487	3 107 145	2 828 484
+ hankintameno		5 000 496	3 495 487	4 607 145	4 773 484
- jäännösarv. nykyarvo		38 126	76 252	76 252	98 874
Yhteensä		4 962 370	3 419 235	4 530 892	4 674 610
mk/m3		79,40	54,71	60,41	62,33

Nykyarvomenetelmä	Flotaatio	UF	Haihdutin	Bioreaktori
konsentraatin käsittelyä sekä jäteveden hintaa ei ole huomioitu				
	Pitoaika		2 vuotta	
vuotuisten menojen nykyarvo	193 548	183 604	175 536	446 128
+ hankintameno	943 548	1 683 604	1 675 536	2 391 128
- jäännösarv. nykyarvo	65 508	131 016	131 016	169 884
Yhteensä	878 040	1 552 588	1 544 520	2 221 245
mk/m3	70,24	124,21	102,97	148,08
	Pitoaika		4 vuotta	
vuotuisten menojen nykyarvo	362 601	343 971	328 856	835 794
+ hankintameno	1 112 601	1 843 971	1 828 856	2 780 794
- jäännösarv. nykyarvo	57 217	114 434	114 434	148 383
Yhteensä	1 055 384	1 729 537	1 714 422	2 632 411
mk/m3	42,22	69,18	57,15	87,75
	Pitoaika		6 vuotta	
vuotuisten menojen nykyarvo	510 258	484 042	462 771	1 176 144
+ hankintameno	1 260 258	1 984 042	1 962 771	3 121 144
- jäännösarv. nykyarvo	49 976	99 951	99 951	129 604
Yhteensä	1 210 282	1 884 091	1 862 820	2 991 540
mk/m3	32,27	50,24	41,40	66,48
	Pitoaika		8 vuotta	
vuotuisten menojen nykyarvo	639 228	606 385	579 738	1 473 418
+ hankintameno	1 389 228	2 106 385	2 079 738	3 418 418
- jäännösarv. nykyarvo	43 651	87 301	87 301	113 201
Yhteensä	1 345 577	2 019 084	1 992 437	3 305 217
mk/m3	26,91	40,38	33,21	55,09
	Pitoaika		10 vuotta	
vuotuisten menojen nykyarvo	751 874	713 245	681 902	1 733 069
+ hankintameno	1 501 874	2 213 245	2 181 902	3 678 069
- jäännösarv. nykyarvo	38 126	76 252	76 252	98 874
Yhteensä	1 463 748	2 136 992	2 105 650	3 579 195
mk/m3	23,42	34,19	28,08	47,72

Kustannusten yhteenveto

Korko 7 %

Kokonais kustannukset

	Flotaatio	UF	Haihdutin	Bioreaktori
vuodet	mk	mk	mk	mk
2	1 778 659	1 882 665	2 168 829	2 503 228
4	2 742 638	2 347 915	2 884 026	3 160 689
6	3 584 615	2 754 282	3 508 706	3 734 942
8	4 320 030	3 109 219	4 054 326	4 236 516
10	4 962 370	3 419 235	4 530 892	4 674 610
12	5 523 414	3 690 015	4 947 143	5 057 259
14	6 013 452	3 926 524	5 310 713	5 391 479
16	6 441 470	4 133 101	5 628 269	5 683 400
18	6 815 318	4 313 533	5 905 635	5 938 375
20	7 141 851	4 471 129	6 147 897	6 161 079
vuodet	mk/m3	mk/m3	mk/m3	mk/m3
2	142,29	150,61	144,59	166,88
4	109,71	93,92	96,13	105,36
6	95,59	73,45	77,97	83,00
8	86,40	62,18	67,57	70,61
10	79,40	54,71	60,41	62,33
12	73,65	49,20	54,97	56,19
14	68,73	44,87	50,58	51,35
16	64,41	41,33	46,90	47,36
18	60,58	38,34	43,75	43,99
20	57,13	35,77	40,99	41,07

Laskelmat ilman konsentraatin käsittelyä sekä ilman jäteveden hinnan huomioimista

	Flotaatio	UF	Haihdutin	Bioreaktori
vuodet	mk	mk	mk	mk
2	878 040	1 552 588	1 544 520	2 221 245
4	1 055 384	1 729 537	1 714 422	2 632 411
6	1 210 282	1 884 091	1 862 820	2 991 540
8	1 345 577	2 019 084	1 992 437	3 305 217
10	1 463 748	2 136 992	2 105 650	3 579 195
12	1 566 964	2 239 978	2 204 534	3 818 498
14	1 657 116	2 329 930	2 290 903	4 027 514
16	1 735 859	2 408 497	2 366 341	4 210 077
18	1 804 635	2 477 121	2 432 232	4 369 534
20	1 864 708	2 537 059	2 489 784	4 508 811
vuodet	mk/m3	mk/m3	mk/m3	mk/m3
2	70,24	124,21	102,97	148,08
4	42,22	69,18	57,15	87,75
6	32,27	50,24	41,40	66,48
8	26,91	40,38	33,21	55,09
10	23,42	34,19	28,08	47,72
12	20,89	29,87	24,49	42,43
14	18,94	26,63	21,82	38,36
16	17,36	24,08	19,72	35,08
18	16,04	22,02	18,02	32,37
20	14,92	20,30	16,60	30,06

LUKUSARAKKE

TEKNILLINEN KORKEAKOULU
Puurijäätetekniikan laitos
Kirjasto